

“Fortalecimiento de las capacidades locales para adaptación al cambio climático en el Golfo de Fonseca”



ESTUDIO DE VULNERABILIDAD  
“ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO  
SOBRE LOS MEDIOS DE VIDA SELECCIONADOS EN EL  
GOLFO DE FONSECA”

Fundación para la Investigación del Clima  
Instituto de Estudios del Hambre



Nicaragua, Marzo 2013



IEH

Instituto de Estudios del Hambre



Funsalprodesse  
FUNDACIÓN SALVADOREÑA  
PARA LA PROMOCIÓN SOCIAL  
Y EL DESARROLLO ECONÓMICO

oikos  
cooperación e desenvolvimento



instituto CIDEA  
Capacitación, Investigación y Desarrollo Ambiental



**Carlos Rivas Leclair**

Director del Proyecto  
crleclair@ns.uca.edu.ni

**Juan Ramón Bravo Moreno**

Coordinador General en Nicaragua  
jbravo@ns.uca.edu.ni

**Luis Manuel Ochoa**

Coordinador en Honduras  
choloteca@icadehonduras.org

**Cecilia Martínez**

Coordinadora en El Salvador  
coordinacion.orientefunsalprodese.org.sv

**Autores:**

Fundación para la Investigación del Clima  
Instituto de Estudios del Hambre

**Diseño de portada:**

Josué Martín Hernández

**Colaboración:**

Jaime Cárdenas, CIDEA-UCA, Nicaragua  
Manual Jarquín, Nitlapan UCA, Nicaragua  
Mario Nayra, Nitlapan UCA, Nicaragua  
Mauricio Córdoba, ADAA-UCA, Nicaragua  
Silvio Morales y Francisco Javier Zavala, ICADE, Honduras  
Delmy Paz, ADEPES, Honduras  
Alonso Arévalo, Funsalprodese, El Salvador

**Citar como:**

FIC e IEH (2012). Estudio de vulnerabilidad "Análisis de los efectos del cambio climático sobre medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca". Proyecto cambio climático del Golfo de Fonseca. Managua, Nicaragua

**La reproducción total o parcial de este material está permitida, siempre que se respete la cita bibliográfica.**

**Declaratoria:**

Este documento se ha realizado con la ayuda financiera de la comunidad Europea. El contenido de este documento es responsabilidad exclusiva de Fundación para la Investigación del Clima, FIC, y el Instituto de Estudios del Hambre, IEH, de modo alguno debe considerarse que refleja la posición de la Unión Europea.

Este documento es resultado de una investigación realizada en el marco del proyecto Fortalecimiento de las capacidades locales en el Golfo de Fonseca DCI-ENV/2010/256-823, a través del consorcio: Instituto CIDEA-UCA, ICADE, ADEPES, Nitlapan-UCA, Funsalprodese, DIKOS y GVC

**Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el  
Golfo de Fonseca**

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>4</b>
<b>2. METODOLOGIA FIC-IEH .....</b>	<b>4</b>
<b>3. EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO COMUNES A TODOS LOS MEDIOS DE VIDA.....</b>	<b>6</b>
3.1 PRINCIPALES CAMBIOS EN EL CLIMA EN EL GOLFO DE FONSECA .....	6
3.2 EFECTOS EN FENÓMENOS CLIMÁTICOS CLAVE.....	3
<b>4. EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LOS GRANOS BÁSICOS: MAÍZ FRIJOL Y MAICILLO.....</b>	<b>31</b>
4.1 MAÍZ DE PRIMERA Y POSTRERA.....	32
4.2 MAICILLO .....	43
4.3 FRIJOL DE POSTRERA.....	48
<b>5. EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE OLEAGINOSAS: AJONJOLÍ .....</b>	<b>53</b>
<b>6. EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA SANDÍA, MUSÁCEAS Y YUCA .....</b>	<b>58</b>
6.1 SANDÍA.....	58
6.2 MUSÁCEAS .....	62
6.3 YUCA .....	68
<b>7. EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA GANADERÍA BOVINA .....</b>	<b>70</b>
<b>8. EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA PESCA Y LA CAMARONICULTURA ..</b>	<b>755</b>
8.1 PESCA.....	75
8.2 CAMARONICULTURA .....	80
<b>9. CONCLUSIONES.....</b>	<b>89</b>
 ANEXOS:	
<b>ANEXO 1. INDICADORES PARA EL ANÁLISIS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS MEDIOS DE VIDA DEL GOLFO DE FONSECA .....</b>	<b>92</b>
<b>ANEXO II - ESTACIONES SELECCIONADAS PARA EL ANÁLISIS DE CADA UNO DE LOS MEDIOS DE VIDA.....</b>	<b>97</b>

## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca

### 1. INTRODUCCIÓN

El Proyecto “*Fortalecimiento de las capacidades locales para adaptación al cambio climático en el Golfo de Fonseca*” DCI-ENV/2010/256-823 se ejecuta en el Golfo de Fonseca (El Salvador, Honduras y Nicaragua) desde el mes febrero de 2011 y tiene una duración de cinco años.

El proyecto es co-financiado por la Unión Europea y ejecutado por un consorcio de organizaciones lideradas por el CIDEA – UCA de Nicaragua y compuesto por OIKOS de Portugal, NITLAPLAN de Nicaragua, ICADE y ADEPES de Honduras, FUNSALPRODESE de El Salvador y GVC de Italia.

El Proyecto tiene como objetivo general contribuir a la reducción del riesgo de catástrofes en el Golfo de Fonseca, y como objetivo específico fortalecer capacidades locales para adaptación al cambio climático y mitigación de emisiones de CO<sub>2</sub> en el Golfo de Fonseca.

Durante la vida del proyecto se plantean tres resultados que coadyuvarán a fortalecer las capacidades de las diecinueve alcaldías municipales y de los principales actores económicos del área de influencia. Estos resultados incluyen (R1) Mejorada la comprensión del impacto y de los recursos/capacidades locales actuales de adaptación al cambio climático; (R2) Identificadas y validadas acciones (incluyendo acciones- piloto) de adopción de nuevas tecnologías y procesos para incremento de la capacidad de adaptación de los sectores pesca, acuicultura y agropecuario; (R3) Fortalecidos los actores y sistemas políticos locales en su preparación y planificación ante los impactos del cambio climático, incluyendo los instrumentos y medidas de gestión de riesgo y las redes de articulación regional.

Como actividad prevista del primer resultado se contempla la realización de un estudio regional de generación de escenarios locales de clima futuro y de análisis de vulnerabilidad, que permita posteriormente definir alternativas de adaptación al cambio climático en el Golfo de Fonseca (El Salvador, Honduras y Nicaragua). Por este motivo, se estableció una alianza con la Fundación para la Investigación del Clima (FIC) y el Instituto de Estudios del Hambre (IEH) para llevar a cabo este estudio debido a su experiencia en la realización de estudios técnicos-científicos que combinan los escenarios de clima futuro y su impacto en los medios de vida de las poblaciones más vulnerables en la región Centroamericana.

El presente estudio tiene como objetivo analizar la vulnerabilidad futura del Golfo de Fonseca ante el cambio climático, definiendo los escenarios de clima futuro y analizando sus efectos en los medios de vida, con objeto de aportar la información que permita posteriormente proponer alternativas de adaptación al cambio climático mediante la definición de estrategias territoriales en el golfo de Fonseca.

### 2. METODOLOGIA FIC-IEH

El proceso metodológico utilizado responde a las dos primeras de las tres etapas necesarias para afrontar la adaptación al cambio climático:

- la descripción de las posibles condiciones del clima futuro;
- la evaluación de los impactos que ese clima futuro tendrá en los medios de vida objeto del presente estudio; y
- la definición de recomendaciones para minimizar los impactos negativos identificados, y propuesta de medidas eficaces de adaptación a la variabilidad climática .

Estas etapas deben afrontarse a escala local, es decir, de forma independiente en las diferentes comunidades del Golfo Fonseca, ya que es a este nivel donde se definen muchas de las actuaciones de adaptación.

La metodología siguió los siguientes pasos:

## **Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca**

### **1. Generación de escenarios de clima futuro para el área del proyecto**

Para la generación de escenarios de clima futuro fue necesario:

a) Selección de modelos. Se han empleado las últimas versiones de 4 Modelos Climáticos (MC), todos ellos de prestigio internacional y utilizados por el IPCC para su Quinto Informe de Evaluación: un modelo Canadiense (CAN), uno Noruego (NOR), uno de Estados Unidos (GFDL) y uno alemán (Max Planck Institute, MPI), con 4 RCPs (Representative Concentration Pathways) cada uno (para algún MC había disponibles sólo 3), también de las utilizadas en el próximo informe IPCC5, para representar diferentes opciones sobre la posible evolución futura de la humanidad y de cuánto se va a preocupar por reducir/mitigar su efecto sobre el cambio climático.

b) Recopilación de observaciones históricas: Los datos utilizados son series diarias de precipitación y temperaturas máxima y mínima, provenientes de 7 estaciones en el caso de la temperatura y 31 estaciones en el caso de la precipitación. El periodo de las observaciones abarca desde 1951 a 2012 (aunque muchas estaciones tienen sólo algunos de los años).

c) Aplicación de una metodología de regionalización o downscaling: La metodología de regionalización se utiliza para adaptar la información de baja resolución aportada por los Modelos Climáticos para obtener proyecciones de los efectos en superficie (precipitación, temperatura) a escala local, los denominados escenarios climáticos locales, requeridos para poder definir estrategias locales de adaptación. Para ello, se empleó la metodología de regionalización denominada 'FICLIMA', basada en un método de análogos en dos pasos y desarrollada por la FIC.

d) Proceso de verificación. La verificación permite determinar el grado de fiabilidad de la metodología para simular las variables de interés. Para ello, es necesario aplicar la metodología de regionalización a un re-análisis atmosférico, que ofrece información del estado de la atmósfera en el pasado. Comparando las series así simuladas con las series de observaciones reales, se pudo evaluar la capacidad de la metodología para "traducir" información atmosférica de baja resolución en precipitación y temperatura a escala local.

e) Proceso de validación. Una vez verificada con éxito la metodología, es decir, una vez comprobada su capacidad para simular los efectos en superficie a partir de "observaciones" de la situación atmosférica de baja resolución, se realiza el proceso de validación, que consiste en comprobar si los Modelos Climáticos representan adecuadamente el clima actual. Este proceso se llevó a cabo aplicando la metodología de regionalización de la FIC al denominado "historical experiment" o simulación de control (de un periodo del pasado, 1950-2000, por ejemplo), obteniéndose una serie de precipitación y temperatura simulada para cada Modelo, que se compara con el clima pasado observado.

f) Generación de escenarios futuros. Una vez verificada la metodología de regionalización y validados los Modelos Climáticos, se aplicó dicha metodología a las salidas de los Modelos con las diferentes RCP para un periodo del futuro (desde la actualidad hasta -2100), obteniendo los valores de precipitación y temperaturas simulados para dicho periodo en cada uno de los observatorios en estudio y para cada una de las 14 salidas de los Modelos (2 Modelos con 3 RCP cada uno, y otros 2 con 4).

### **2. Identificación de los medios de vida más relevantes en la zona de estudio e identificación de "elementos críticos" especialmente vulnerables a eventos climáticos**

Al tomar los principales medios de vida de las comunidades del Golfo Fonseca como objeto de análisis, la metodología se aplicó en el terreno identificando cuales son los medios de vida más habituales y relevantes en las comunidades del proyecto, y situándolos en un mapa. Ello permitió seleccionar una serie de comunidades representativas y las estaciones meteorológicas más vinculadas a cada uno de esos medios de vida (ver anexo II).

Se identificaron los siguientes medios de vida: granos básicos (maíz, maicillo y frijol), ajonjolí, sandía, musáceas y yuca; la ganadería, la pesca y la camaronicultura.

## **Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca**

Se hizo un estudio de cada uno de estos medios de vida, identificando los “elementos críticos” más vulnerables a los eventos climáticos. Se considera un “elemento crítico” a un aspecto, bien del ciclo del cultivo, bien de otras fases posteriores en un medio de vida, que muestra una especial sensibilidad o vulnerabilidad a la ocurrencia de eventos climáticos, de manera que su impacto sobre la cantidad o calidad del producto puede llegar a ser notable.

La selección de los elementos críticos se llevó a cabo analizando las actividades del ciclo biológico, para determinar las fases más sensibles al clima. Además, se realizó una revisión bibliográfica de estudios semejantes realizados en otros países y se discutió con expertos de los tres países para validar los elementos críticos seleccionados y determinar conjuntamente cómo estos se ven afectados por los eventos climáticos.

### **3. Análisis de la vulnerabilidad por los efectos del clima futuro en los elementos críticos identificados de los medios de vida**

A partir de la definición de los “elementos críticos” y los escenarios de clima futuro generados, se procedió a analizar los posibles efectos del clima futuro sobre los los medios de vida objeto de este estudio.

Para ello fue necesario construir, a partir de la información climática (precipitación y temperatura) una serie de indicadores para medir cómo el clima afecta a cada elemento crítico, así como programarlos en un lenguaje “R” (entorno de programación para análisis estadístico y gráfico). Dichos indicadores se aplicaron a las observaciones de precipitación y temperatura y se discutieron con expertos de los tres países para verificar que los resultados de su aplicación reflejaban lo realmente ocurrido en cada uno de esos elementos críticos en el Golfo Fonseca.

Una vez verificados, los indicadores se aplicaron a los escenarios generados permitiendo determinar la evolución temporal de los indicadores y sus implicaciones en los medios de vida a través de cuatro Modelos Climáticos diferentes y cuatro RCPs. El empleo de diferentes modelos y RCPs permite cuantificar las incertidumbres inherentes a toda simulación del clima futuro..

Esta manera de traducir los datos de precipitación y temperatura en información útil para el análisis de los sistemas productivos (por ejemplo la floración en función de la precipitación o la existencia de plagas y enfermedades en función de la temperatura) resulta necesaria para poder evaluar los efectos del clima futuro sobre los medios de vida, y así poder posteriormente hacer recomendaciones para minimizar los impactos no deseados.

### **4. Análisis de resultados como base para posteriormente plantear recomendaciones para la adaptación**

Los resultados del análisis son presentados a las instituciones del proyecto, con el objetivo de que puedan analizar los posibles efectos del clima futuro en los sistemas productivos objeto de este estudio, y plantear acciones de adaptación que minimicen los efectos negativos y potencien las oportunidades.

## **3. EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO COMUNES A TODOS LOS MEDIOS DE VIDA**

### **3.1. PRINCIPALES CAMBIOS ESPERABLES EN EL CLIMA EN EL GOLFO DE FONSECA**

En este apartado se ofrece una idea de los cambios que se espera en el clima de la región. Para ello, se analizan, a modo de ejemplo, los resultados obtenidos para cuatro observatorios. Para todos ellos se analizan las características principales del ciclo anual de la precipitación y las temperaturas mínima y máxima observadas en dicho observatorio, y la capacidad de la metodología de regionalización utilizada

## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca

para simular esas características. Para ello se han elaborado los climogramas de verificación, donde las curvas azules representan los datos observados y las rojas los datos simulados mediante regionalización del reanálisis NCEP (sólo para los días en los que hay observaciones). Al analizar conjuntamente ambas curvas se evalúa la capacidad de la metodología FICLIMA para “traducir” información atmosférica de baja resolución en efectos en superficie con detalle local, de forma individual para cada observatorio. Estos resultados de verificación para cada observatorio se utilizarán luego para interpretar las simulaciones de futuro: cuanto peor sean los resultados de verificación, mayores incertidumbres habrá en las simulaciones de futuro, y con más cautela habrá que utilizarlas.

En segundo lugar se analizan los climogramas de validación y proyecciones futuras. A partir de estos climogramas se analiza, por un lado, el comportamiento de cada uno de los Modelos Climáticos al simular el clima observado, comparando las series simuladas mediante regionalización del NCEP (curvas gris claro) con la series simuladas al regionalizar el periodo histórico del Modelo (curvas gris oscuro); y por otro lado, se analiza la evolución futura esperada según cada modelo para diversos RCPs (curvas de colores) con respecto al periodo histórico correspondiente, es decir, el cambio que sugiere ese modelo con respecto a su salida de control. De nuevo los resultados de validación de cada Modelo son muy importantes para dar mayor o menor credibilidad a las proyecciones futuras de dicho modelo.

En el caso de la validación, lo simulado por regionalización del histórico experimento no se puede comparar directamente con lo observado, porque es muy frecuente que las observaciones correspondan a un periodo que no sea suficientemente largo, o que tengan lagunas. Por ejemplo, si una estación tiene sólo datos de la década de los 70, y resulta que esa década fue anormalmente seca (o cálida, o tuvo canículas más intensas y largas de lo normal...), no sería adecuado comparar lo simulado por el Modelo para todo el periodo de control con lo observado en sólo esa década, que puede no ser del todo representativo. Las salidas de los Modelos “no tienen fechas”, no pretenden simular lo sucedido un día concreto, ni siquiera un año o una década concretos, hay que analizarlas en su conjunto para todo el periodo de control. En cambio el reanálisis si “tiene fechas”, cada día pretende representar lo sucedido ese día en concreto.

Por tanto, para hacer las gráficas de verificación, se calcula el ciclo anual con las observaciones, y se regionaliza el reanálisis SÓLO para los días en los que hay observaciones, y la gráfica construida con esas simulaciones será comparable a la obtenida para las observaciones. Y una vez comprobado que los resultados de verificación son correctos, es decir, que lo simulado por regionalización del downscaling se parece mucho a lo observado, para hacer la validación, se regionalizan TODOS los días del periodo de control, tanto de la salida de control del Modelo, como del reanálisis, y los resultados de validación se obtienen comparando ambas simulaciones (que es lo que se representa en las gráficas. Por ello, es posible que la línea correspondiente al reanálisis sea algo diferente en las gráficas de validación y verificación, porque en el primer caso se construyen sólo con los días en los que hay observaciones, y en el segundo, con todos los del periodo de control.

Por último, el análisis de las proyecciones futuras debe hacerse comparando lo que se simula para el futuro (promedio para el periodo 2041-2070, para cada una de las RCP disponibles, representado por las líneas de colores) con lo simulado para el histórico por ese mismo Modelo (gris oscuro), para detectar el cambio que sugiere dicho Modelo.

### ❖ Análisis de resultados obtenidos para el Observatorio LA UNION

El observatorio “La Unión” se localiza en la zona oriental de El Salvador. El régimen de precipitación presenta dos estaciones bien marcadas, un periodo seco que engloba los meses de noviembre a abril y un periodo húmedo (de mayo a octubre). Como se observa en el climograma correspondiente a este observatorio (curva azul), el ciclo anual de la precipitación presenta dos máximos en los meses de Junio y Septiembre, siendo este último de mayor intensidad (superior a 12mm/día) que el primero (alrededor de 9mm/día). Entre ambos picos, se observa un descenso en la cantidad de precipitaciones, aunque estas se sitúan en torno a los 6 mm/día. Es el fenómeno de la Canícula. El comportamiento del número de días con precipitación es muy similar, con un primer pico máximo en Junio y un segundo pico en Septiembre de unos 16 días/mes y 20 día/mes, respectivamente (figura 1).

## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca

Como se observa en la figura 1, el ciclo anual de la precipitación obtenido por regionalización del reanálisis NCEP (en rojo) sigue bastante bien la curva observada (en azul) y además es capaz de captar los picos máximos de precipitación y número de días con precipitación y el fenómeno de la Canícula. En general, la metodología tiende a suavizar muy ligeramente la cantidad de precipitación observada en el máximo de septiembre y durante la Canícula y tiende a sobrestimar, aunque de forma muy leve, la precipitación en el periodo seco. Un comportamiento similar es el que se observa en el número de días con precipitación, aunque en este caso la metodología tiende a suavizar ambos picos máximos y a desplazar levemente el número de días mínimo observado durante el fenómeno de la Canícula. Por tanto, los resultados de verificación son muy satisfactorios.

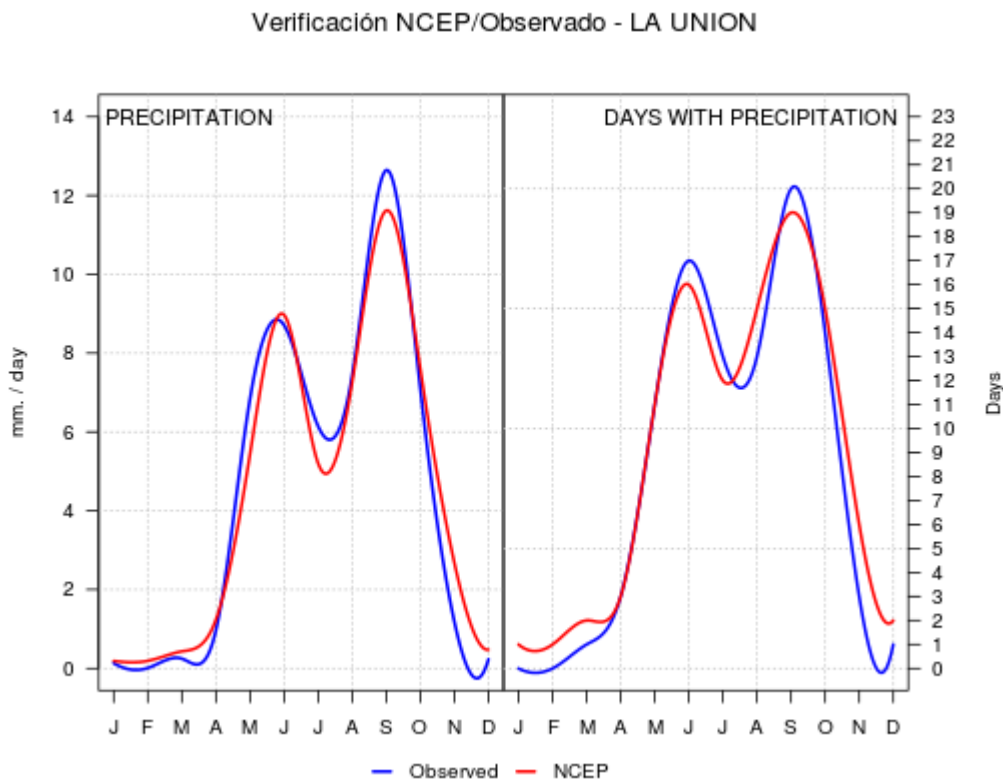


Figura 1. Resultados del proceso de verificación en el observatorio “La Unión”. La gráfica (climograma) representa el ciclo anual de la precipitación (izquierda) y del número de días con precipitación (derecha) observados (azul) y simulados mediante regionalización del reanálisis NCEP (rojo). Unidades: mm/día y días, respectivamente.

En cuanto a los resultados de validación y la evolución futura esperada de la precipitación para este observatorio, se observa un comportamiento diferente según el modelo analizado. De los cuatro modelos analizados, tres (MPI-ESM-MR, CanESM2 y NorESM1) son capaces de captar tanto los picos máximos de precipitación como el fenómeno de la Canícula (aunque la manera en que simulan estos valores varía para cada uno de ellos), mientras que el modelo GFDL-ESM no es capaz de reproducir esos aspectos del ciclo anual (figura 2).

El modelo MPI-ESM-MR, es el que mejores resultados presenta en este observatorio. Si se compara la curva simulada por regionalización del NCEP con la simulada por regionalización del periodo histórico de dicho modelo, vemos cómo el modelo es capaz de recoger de forma bastante satisfactoria los picos máximos de precipitación, aunque tiende a sobrestimar ligeramente la cantidad de precipitación durante los meses de Canícula. Respecto a la evolución futura esperada de la precipitación según este modelo,



## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca

se espera Estas para todos los RCPs un descenso de precipitación con respecto al historical durante el periodo de Canícula y en el máximo de septiembre, y además se espera que este máximo se desplace levemente hacia más avanzado el año, algo más para el RCP 8.5.

El modelo CanESM2, sigue de forma más o menos correcta la curva de precipitación y recoge tanto los picos máximos de precipitación como la Canícula, pero tiende a subestimar claramente la cantidad de precipitación durante todo el año (especialmente en el pico de Septiembre). Respecto a la evolución futura esperada de la precipitación con respecto al periodo de control, se observan leves cambios: para la RCP 8.5 se espera una ligera disminución de la precipitación durante todo el periodo lluvioso, mientras que para las otras RCP los cambios son menores, con ligeras disminuciones durante la Canícula, y ligeros aumentos en los máximos de junio y septiembre.

El modelo NorESM1, aunque es capaz de captar ambos picos máximos de precipitación y la Canícula, subestima de forma bastante considerable el primer pico de precipitación, por lo que tiende a no dar un fenómeno de Canícula tan marcado como el que se da realmente, es decir, el mínimo relativo de precipitación es muy leve entre ambos máximos. Además, como en el caso anterior, la precipitación se infraestima claramente. En el futuro, según este modelo, no se observan variaciones significativas de precipitación respecto al periodo historical, salvo un leve ascenso de precipitación en los meses de más lluvia según los RCPs 4.5 y 2.6 y de leve descenso en el primer pico según los RCPs 4.5 y 8.5.

El modelo GFDL-ESM2 es claramente el que peores resultados muestra en este observatorio. Este modelo no es capaz de simular el comportamiento característico de este observatorio con dos picos máximos y un fenómeno de Canícula, sino que su curva muestra un ascenso progresivo de precipitación que alcanza su máximo en torno al mes de septiembre (que se corresponde bastante bien con el segundo máximo de precipitación observado, aunque lo infraestima el cierta medida). Pero en el resto del periodo seco, este modelo tiende a subestimar de forma considerable la cantidad de precipitación, especialmente la del máximo de junio. Según este modelo, se espera que la precipitación aumente con respecto al periodo de control en el periodo húmedo para todos sus RCPs, pero los malos resultados de verificación indican que no debe utilizarse este Modelo en este observatorio, porque no es capaz de reproducir fenómenos esenciales del clima observado.

## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca

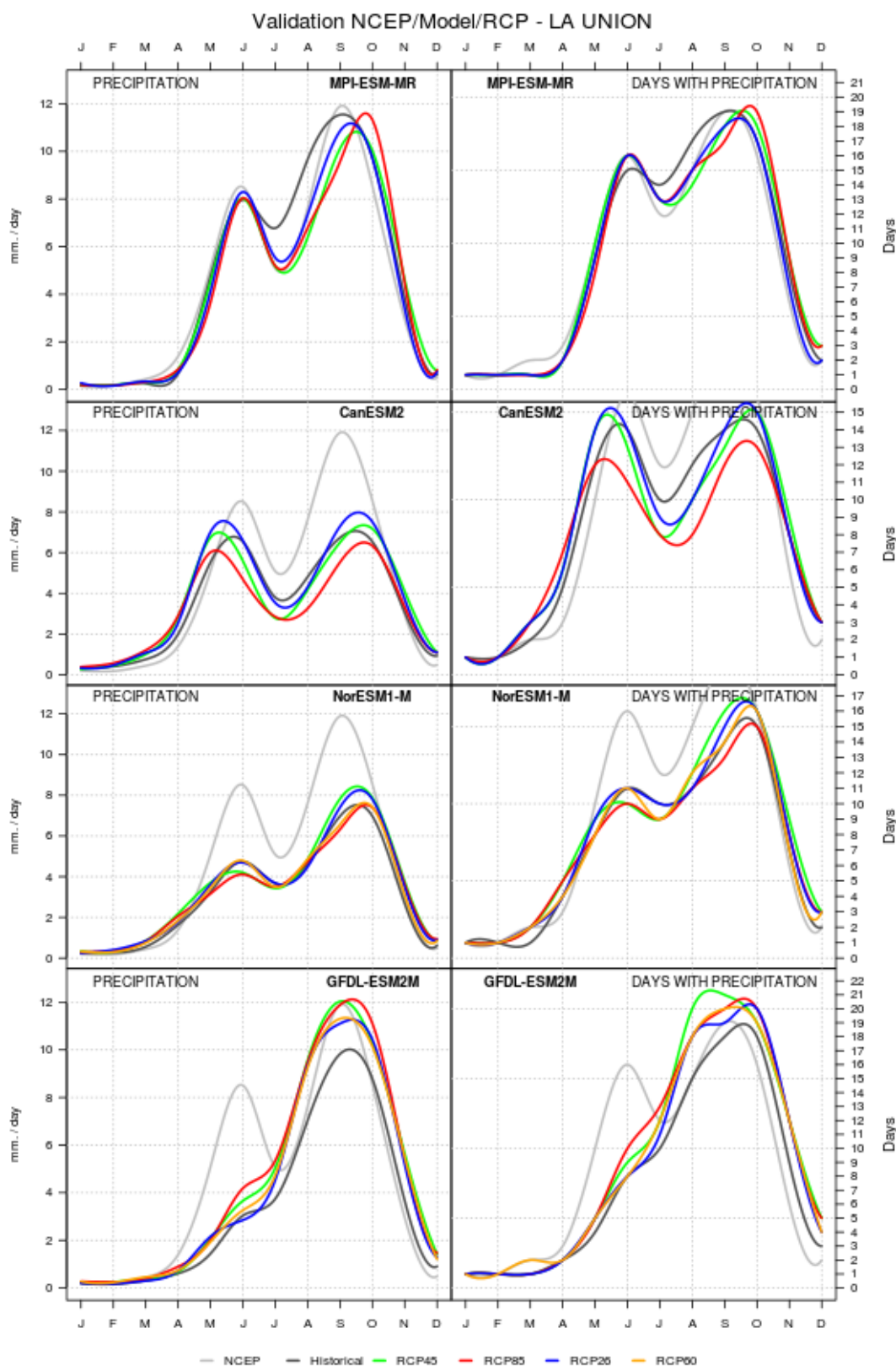


Figura 2. Climograma de validación y proyecciones futuras. Ciclo anual de la precipitación y del número de días de precipitación para el observatorio “La Unión” de las series simuladas mediante regionalización del NCEP (gris claro), del historical experiment (gris oscuro) y de cada uno de los RCP (líneas de colores, ver leyenda: corresponden a las proyecciones del Modelo para 2041-2070) correspondientes a cada uno de los modelos empleados en el estudio. Unidades: mm/día y días, respectivamente

## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca

### ❖ Análisis de resultados obtenidos para el Observatorio **SAN MIGUEL**

El observatorio de “San Miguel”, perteneciente a El Salvador, se caracteriza (figura 3) por presentar un ciclo anual de temperatura máxima con un máximo en marzo y abril (de unos 38°C), y un mínimo en octubre (de unos 33°C). Las mínimas presentan el mínimo en diciembre y enero (unos 20°C), y el máximo en abril mayo (de unos 24°C).

Como se observa en la figura 3, la curva simulada mediante regionalización del NCEP sigue de forma satisfactoria la curva observada, tanto para temperatura máxima como para mínima. Las mayores desviaciones sobre lo observado son de unos 0,3°C, y se producen durante los máximos, que se infraestiman. Por tanto, los resultados de verificación son muy satisfactorios.

Verificación NCEP/Observado - SAN MIGUEL

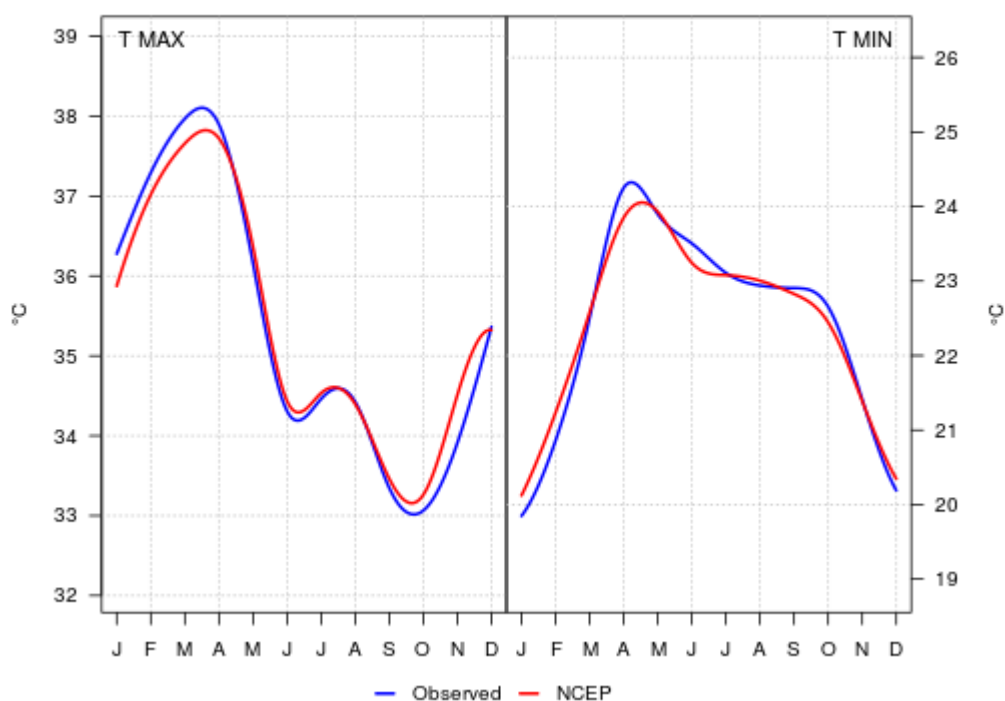


Figura 3. Resultados del proceso de verificación en el observatorio “San Miguel”. La gráfica (climograma) representa el ciclo anual de la temperatura máxima (izquierda) y mínima (derecha) observados (azul) y simulados mediante regionalización del reanálisis NCEP (rojo). Unidades: °C.

En el caso del observatorio de San Miguel, los cuatro modelos empleados en el estudio son capaces de recoger, en mayor o menor medida, las curvas de temperatura máxima y mínima (figura 4).

El modelo MPI-ESM-MR es claramente el que muestra los mejores resultados, y es capaz de recoger todas las características de ambas curvas descritas anteriormente aunque tiende a sobrestimar algo el máximo, tanto de máxima como de mínima. Según este modelo, se esperan ascensos de temperatura, tanto en las máximas (de hasta casi 3 °C en algún mes -agosto) como en las mínimas (de unos 2°C), con respecto al periodo histórico. Además, el máximo de las temperaturas máximas parece retrasarse del orden de un mes, sobre todo en la RCP 8.5, la más desfavorable.

## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca

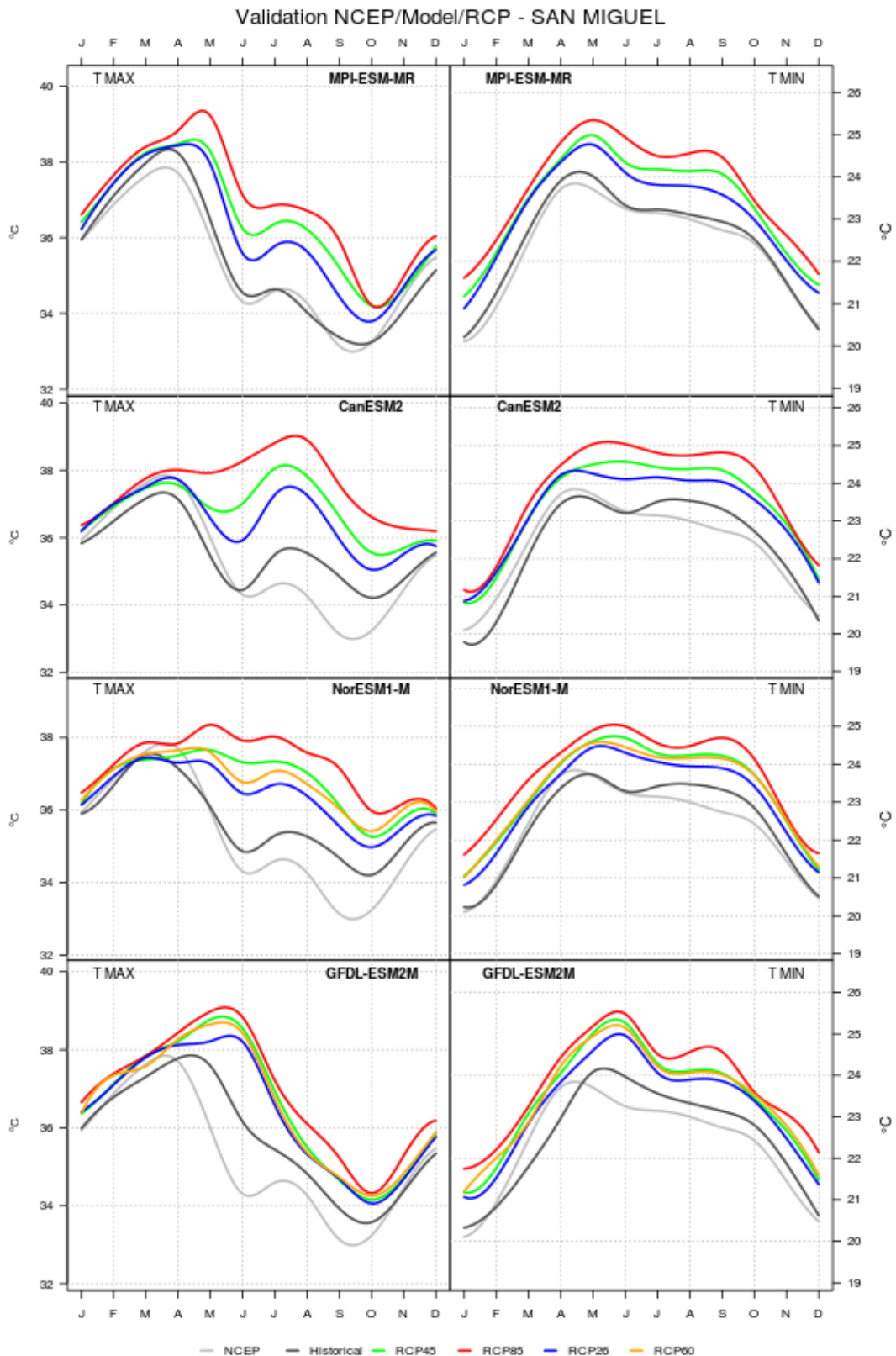


Figura 4. Climograma de validación y proyecciones futuras. Ciclo anual de las temperaturas máximas y mínimas para el observatorio “San Miguel” de las series simuladas mediante regionalización del NCEP (gris claro), del historical experiment (gris oscuro) y de cada uno de los RCP (líneas de colores, ver leyenda: corresponden a las proyecciones del Modelo para 2041-2070) correspondientes a cada uno de los modelos empleados en el estudio. Unidades: °C.

## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca

El modelo CanESM2 recoge bien las características de ambas variables aunque en el caso de la temperatura máxima tiende a sobrestimarla claramente entre julio y octubre. La simulación del modelo para el futuro (2041-2070) es similar a la del Modelo alemán para la temperatura mínima, pero la evolución de la máxima es bastante diferente, incrementándose aún más en julio-agosto (más de 3°C) meses que pasarían a presentar el máximo anual según la RCP 8.5.

Los resultados de validación del modelo NorESM1 son muy similares a los del canadiense, tanto en las máximas como en las mínimas. Y los aumentos que pronostica para mitad de siglo también se parecen a los del canadiense, aunque el incremento de las máximas en julio-agosto es menor, siendo mayo el mes que pasaría a ser el más cálido del año.

De los cuatro modelos, el GFDL-ESM2M, es quizá el que reproduce la curva de temperatura máxima de forma menos acertada, cometiendo errores de hasta casi 2°C (en junio), y retrasando un mes el máximo y el mínimo anual. La temperatura mínima la simula mejor. También es el Modelo que simula cambios de las máximas más diferentes del resto de modelos, con los mayores incrementos en junio, pero simulando aumentos mucho menores en agosto y septiembre. Los cambios que pronostica para las mínimas sí se parecen más a los de los otros Modelos.

### ❖ Análisis de resultados obtenidos para el Observatorio **AMAPALA**

La estación de “Amapala” está localizada en Honduras y se caracteriza (figura 5) por presentar dos máximos de precipitación, el primero en Mayo-Junio, y el segundo (mayor, con 10mm/día) en Septiembre. Este observatorio presenta una Canícula muy clara, y un periodo seco entre noviembre y abril. Las temperaturas máximas y mínimas muestran un máximo en abril (la máxima alcanza casi 35°C y la mínima los 26.5°), y un mínimo en octubre (32°C de máxima y 24°C de mínima). También presentan un mínimo relativo en junio y un máximo relativo en julio, que son más marcados en la temperatura máxima. Por tanto, la temperatura muestra un comportamiento similar al de la precipitación pero a la inversa, es decir, los mínimos de temperatura (tanto máxima como mínima) coinciden con los máximos de precipitación, y viceversa. La amplitud térmica anual, tanto de la temperatura máxima como de la mínima, no supera los 3°C.

Respecto a los resultados de verificación de la metodología en dicho observatorio, se observa en la figura 5 que la curva obtenida mediante regionalización del reanálisis NCEP para precipitación sigue de forma adecuada el ciclo anual observado, aunque subestima los máximos, especialmente el de septiembre (simula un 20% menos). El número de días de lluvia los simula de forma muy ajustada, casi exacta en los máximos. Respecto a la temperatura, ambas curvas son reproducidas de forma satisfactoria por la metodología de regionalización FICLIMA, suavizando ligeramente los extremos (infraestima los máximos y sobreestima los mínimos) de la temperatura máxima, y el máximo de abril de la temperatura mínima. En resumen, los resultados de verificación son muy satisfactorios para temperatura, y bastante buenos para precipitación, salvo por la infraestima del máximo de septiembre.

## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca

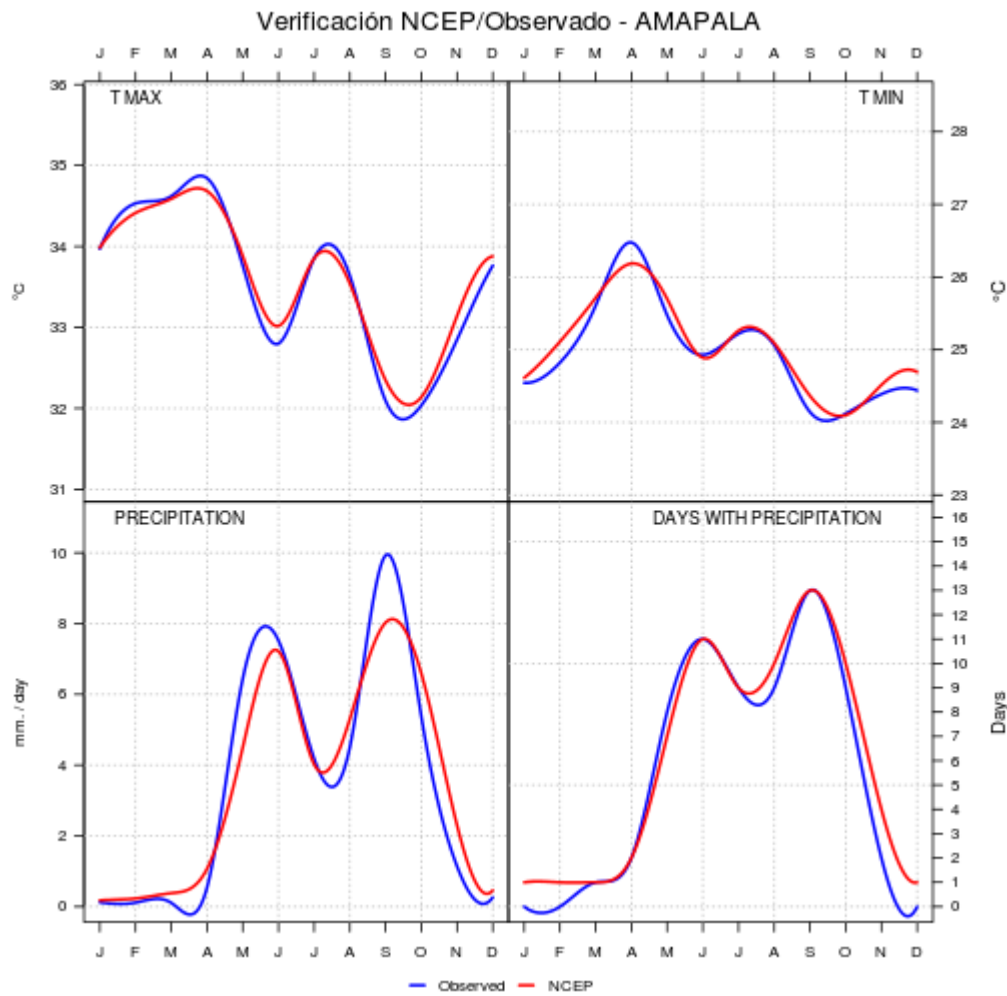


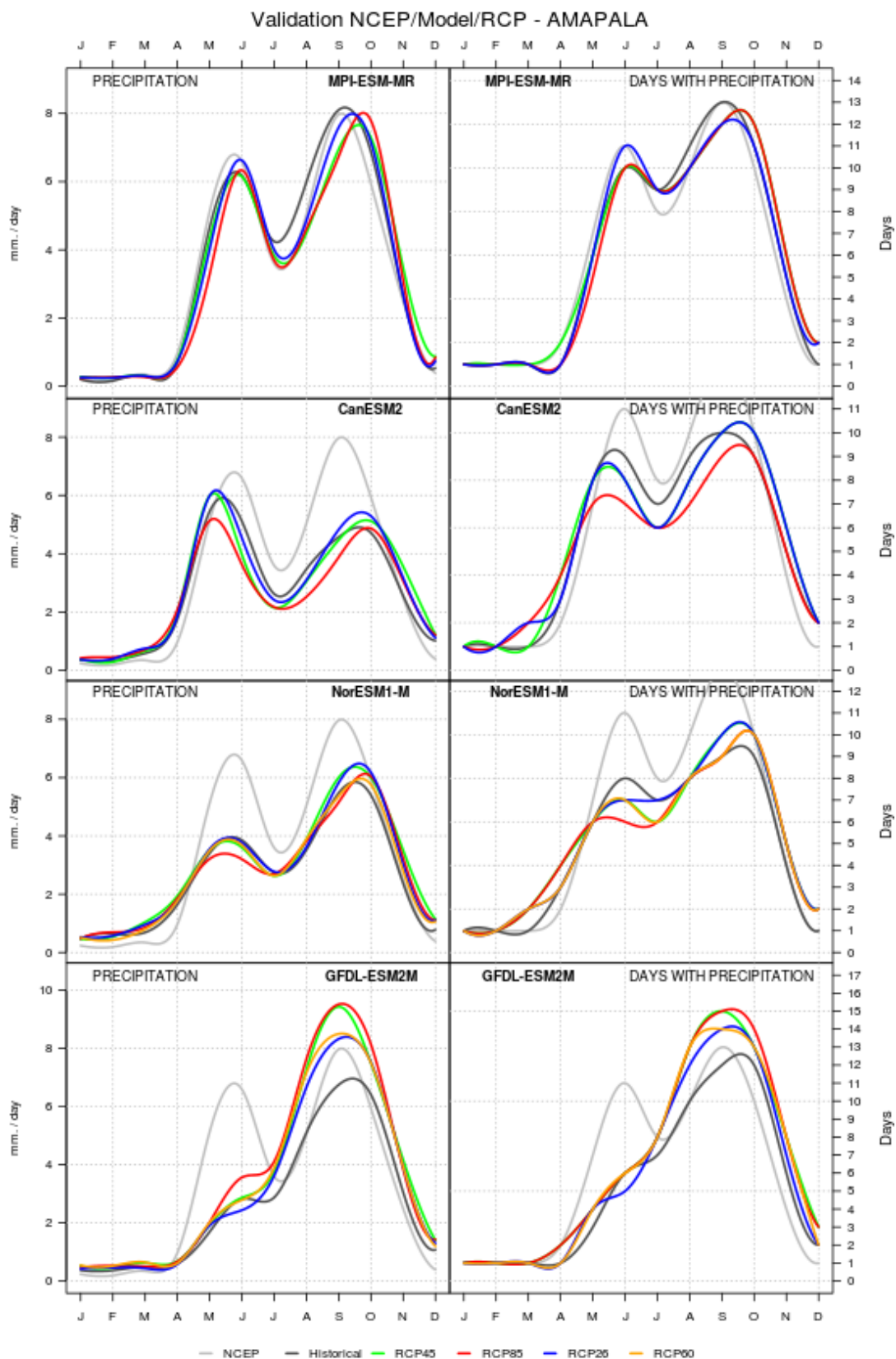
Figura 5. Resultados del proceso de verificación en el observatorio “Amapala”. La gráfica (climograma) representa el ciclo anual de la precipitación (izquierda-abajo), del número de días con precipitación (derecha-abajo), de la temperatura máxima (izquierda-arriba) y de la temperatura mínima (derecha-arriba), los observados (azul) y los simulados mediante regionalización del reanálisis NCEP (rojo). Unidades: mm/día, días y °C, respectivamente.

De los cuatro modelos utilizados, en este observatorio también el MPI-ESM-MR es el que mejores resultados ofrece, especialmente para precipitación, y el que peor funciona, especialmente para precipitación, es el GFDL-ESM, que no simula el máximo de junio ni por tanto la canícula. Los otros dos modelos, CanESM2 y NorESM1, simulan la forma del ciclo anual de precipitación, pero infraestiman mucho los máximos y la precipitación (figuras 6 y 7).

El modelo MPI-ESM-MR es, como se ha dicho, el que mejor comportamiento demuestra en todas las variables. En el caso de la precipitación, el modelo es capaz de recoger de forma muy satisfactoria la curva de precipitación, aunque subestima levemente el máximo de junio y sobreestima también levemente la precipitación de la canícula. Según este modelo, se espera que a la precipitación a mediados de siglo (2041-2070) descienda ligeramente en los meses de Canícula, y que se retrase ligeramente el máximo de septiembre, hacia octubre (en mayor o menor medida según el RCP), con respecto al periodo histórico. En cuanto a la temperatura, el MPI-ESM-MR, es capaz de seguir la curva de temperatura máxima aunque la sobreestima durante los meses de enero a junio y la subestima el resto del año. Un comportamiento similar, pero algo más ajustado, se observa para la temperatura mínima. Respecto a la evolución futura de la temperatura, según este modelo se espera un ascenso de las

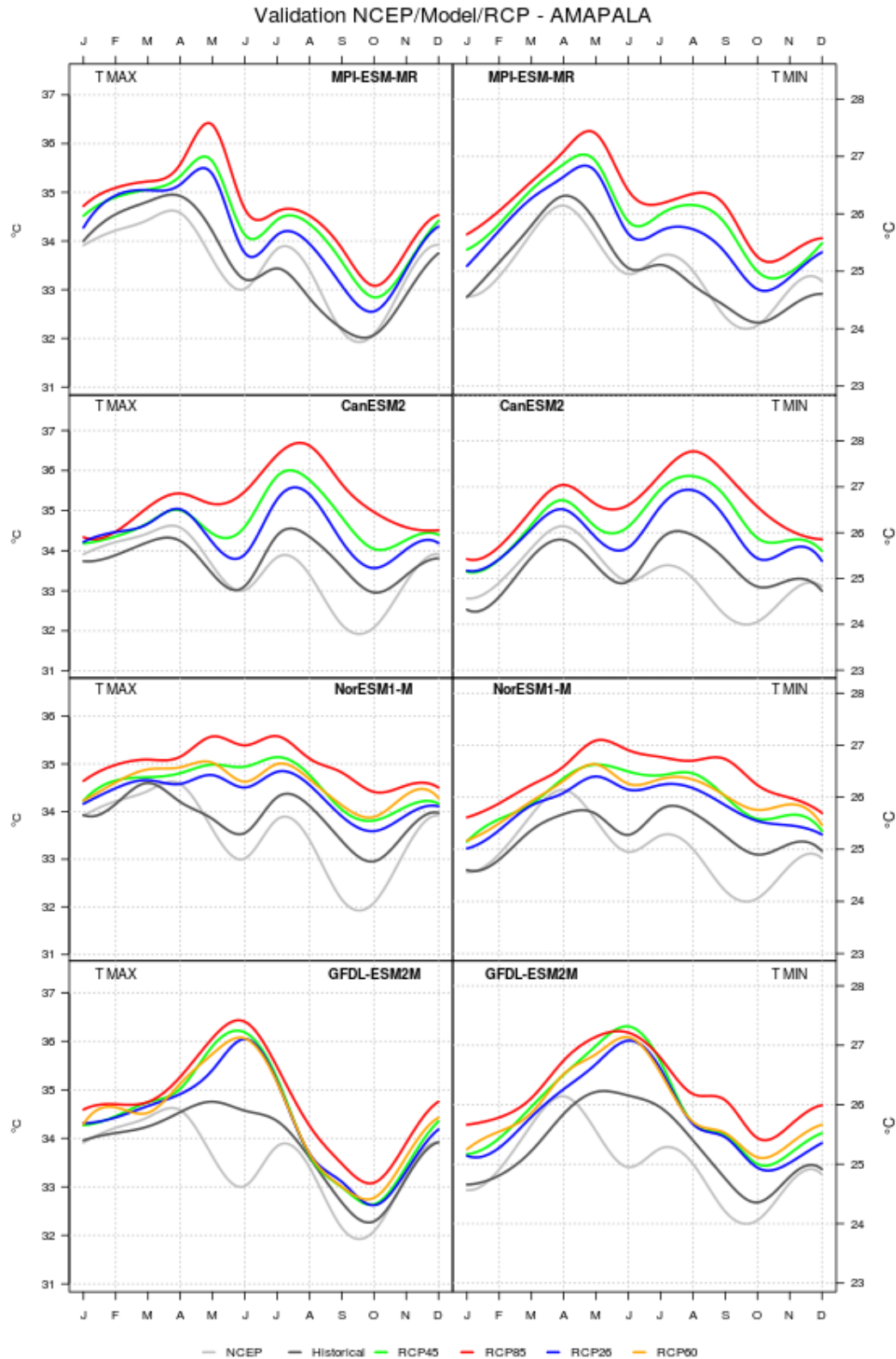
## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca

mismas especialmente en el mes de mayo (hasta 2°C), mes al que se desplazará el máximo anual tanto de la máxima como de la mínima, que en el historical está en abril.



## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca

Figura 6. Climograma de validación y proyecciones futuras. Ciclo anual de la precipitación y del número de días de precipitación para el observatorio “Amapala” de las series simuladas mediante regionalización del NCEP (gris claro), del historical experiment (gris oscuro) y de cada uno de los RCP (líneas de colores, ver leyenda: corresponden a las proyecciones del Modelo para 2041-2070) correspondientes a cada uno de los modelos empleados en el estudio. Unidades: mm/día y días, respectivamente





## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca

Figura 7. Climograma de validación y proyecciones futuras. Ciclo anual de las temperaturas máximas y mínimas para el observatorio “Amapala” de las series simuladas mediante regionalización del NCEP (gris claro), del historical experiment (gris oscuro) y de cada uno de los RCP (líneas de colores, ver leyenda: corresponden a las proyecciones del Modelo para 2041-2070) correspondientes a cada uno de los modelos empleados en el estudio. Unidades: °C.

El modelo CanESM2 es capaz de reproducir la forma del ciclo anual de precipitación, pero infraestima notablemente la precipitación de la época lluviosa, especialmente la del máximo de septiembre, y adelanta ligeramente el máximo de junio y retrasa el de septiembre. Por tanto, los resultados de validación de este modelo no son del todo satisfactorios. Según este modelo, se espera que en el futuro la precipitación descienda ligeramente durante los meses húmedos, aunque según los RCPs 4.5 y 2.6 los picos máximos de precipitación serán algo mayores. Respecto a la temperatura, el modelo es capaz de recoger las curvas de temperatura máxima y mínima, aunque en ambos casos tiende a sobrestimar las temperaturas entre julio y octubre. Para mediados de siglo se espera que tanto la máxima como la mínima aumente, especialmente entre abril y octubre, con aumentos de unos 2°C para el RCP 8.5, siempre respecto al periodo historical.

El modelo NorESM1 tiene un comportamiento similar al CanESM2, tanto en temperatura como en precipitación. También reproduce la forma del ciclo de precipitación, pero igualmente infraestima claramente la precipitación en los meses húmedos, si bien en este caso el máximo que más infraestima es el de junio, por lo que el fenómeno de la Canícula queda poco marcado. En líneas generales, según este modelo, se espera que la precipitación no varíe mucho en el futuro, siendo el RCP 8.5 el que mayores cambios supone, aunque se mantienen moderados. Respecto a la temperatura, el modelo tiene unos resultados de validación muy similares al CanESM2. No obstante, presenta cambios para 2041-2070 algo menores, y sin incrementar tan claramente el máximo de agosto, respecto al periodo historical.

El modelo que peores resultados da en esta zona es el GFDL-ESM, tanto para precipitación como para temperatura. En el caso de la precipitación, el modelo no reproduce ni el máximo de junio ni la Canícula, sino que la curva presenta un ascenso continuado de precipitación hasta alcanzar un máximo en septiembre, que se asemeja a lo observado aunque tiende a ser más suave. En este caso, se espera que la precipitación aumente para todos los RCP, sobre todo durante el máximo de septiembre. Al no simular el máximo de precipitación de junio, el modelo no es capaz de simular el descenso de temperatura asociado, con errores de 1,5°C, que ya son importantes. En cambio, este modelo sí que es capaz de recoger el mínimo de temperatura de octubre, y el ciclo entre agosto y abril. Las proyecciones de futuro sugieren aumentos sobre todo en mayo, junio y julio, marcando un claro máximo en esta época del año para todos los RCP. A diferencia de lo que suele suceder, este modelo ofrece aumentos similares para los diferentes RCP. En consecuencia, los resultados de validación hacen que este Modelo deba manejarse con mucha cautela, especialmente para precipitación, por no ser capaz de reflejar su ciclo anual.

### ❖ Análisis de resultados obtenidos para el Observatorio CHINANDEGA

El observatorio de “Chinandega”, se localiza en la región occidental del Pacífico de Nicaragua. Este observatorio también presenta (figura 8) las características esenciales de la precipitación en la región: dos estaciones bien marcadas, una seca en los meses de noviembre a abril y una húmeda el resto del año, y dos extremos de precipitación, en junio y septiembre, con un mínimo relativo en julio, asociado con la Canícula. En esta estación se alcanzan mayores precipitaciones, con un máximo de unos 15 mm/día en septiembre. El comportamiento del número de días con precipitación es similar al de la precipitación.

## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca

La curva de temperatura máxima presenta un comportamiento más o menos inverso al de la precipitación, máximo superior a 36°C en abril-mayo y un mínimo en septiembre-octubre (menos de 32°C), con un máximo relativo en julio (asociado a la Canícula) y un mínimo relativo en junio. La curva de temperatura mínima observada no tiene tanta relación con la precipitación, mostrando temperaturas superiores a 22°C entre abril y octubre (con el máximo en mayo, con casi 23.5°C), y menores entre noviembre y marzo, alcanzando los 19.5°C en enero. La amplitud anual de la temperatura es de unos 4°C tanto en máxima como en mínima.

Para este observatorio, la metodología FILCIMA, mediante la regionalización del reanálisis NCEP, es capaz de recoger de forma satisfactoria tanto las curvas observadas de precipitación como, especialmente, las de temperatura (figura 8). Como sucedía en otros observatorios, en términos generales, la metodología tiende a subestimar ligeramente los máximos de precipitación, algo más el de septiembre. En cuanto al número de días con precipitación, lo simulado se ajusta mucho a lo observado. El ciclo anual de la temperatura, tanto mínima como máxima, está muy bien simulado por la metodología. En definitiva, los resultados de verificación son muy buenos, especialmente para temperatura, pero también para precipitación, salvo por la infraestima del máximo de septiembre.

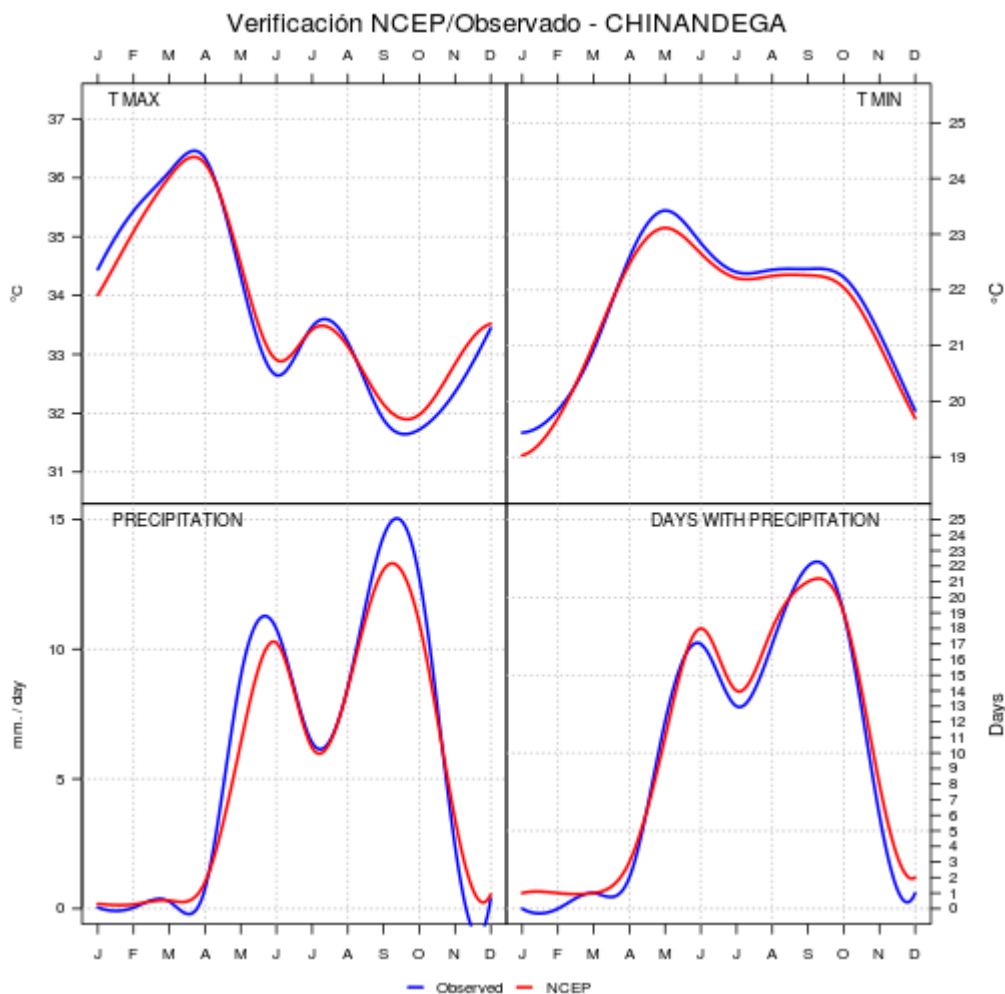


Figura 8. Resultados del proceso de verificación en el observatorio “Chinandega”. La gráfica (climograma) representa el ciclo anual de la precipitación (izquierda-abajo), del número de días con precipitación (derecha-abajo), de la temperatura máxima (izquierda-arriba) y de la temperatura mínima

## **Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca**

(derecha-arriba), los observados (azul) y los simulados mediante regionalización del reanálisis NCEP (rojo). Unidades: mm/día, días y °C, respectivamente.

Para este observatorio también se han utilizado cuatro modelos, de los que tres son capaces de recoger de forma más o menos satisfactoria la curva de precipitación, del número de días con precipitación y de la temperatura (tanto máxima como mínima), mientras que el GFDL-ESM falla de nuevo reproduciendo la precipitación, por no representar el máximo de junio ni por tanto la Canícula (figuras 9 y 10).

## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca

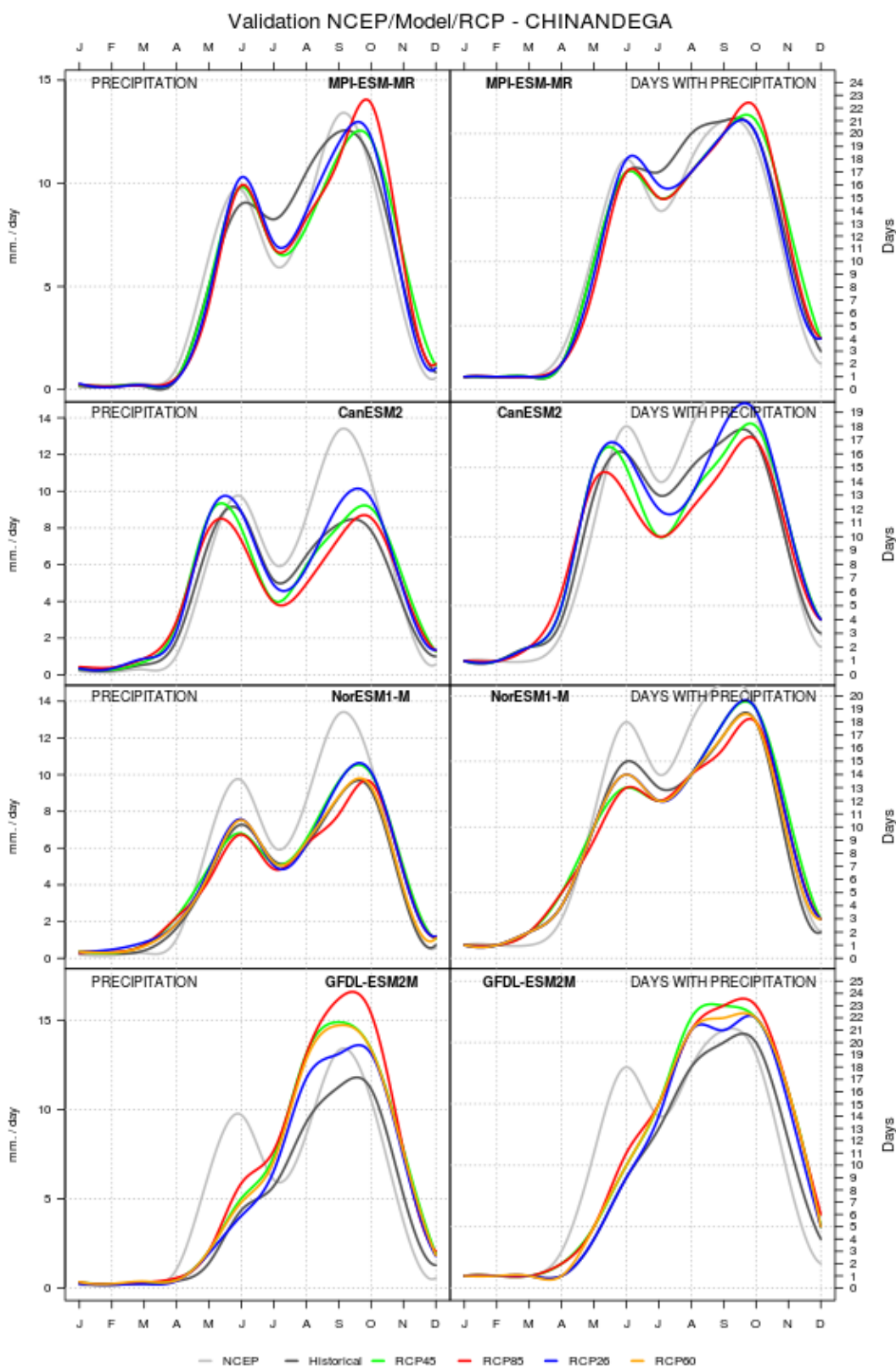
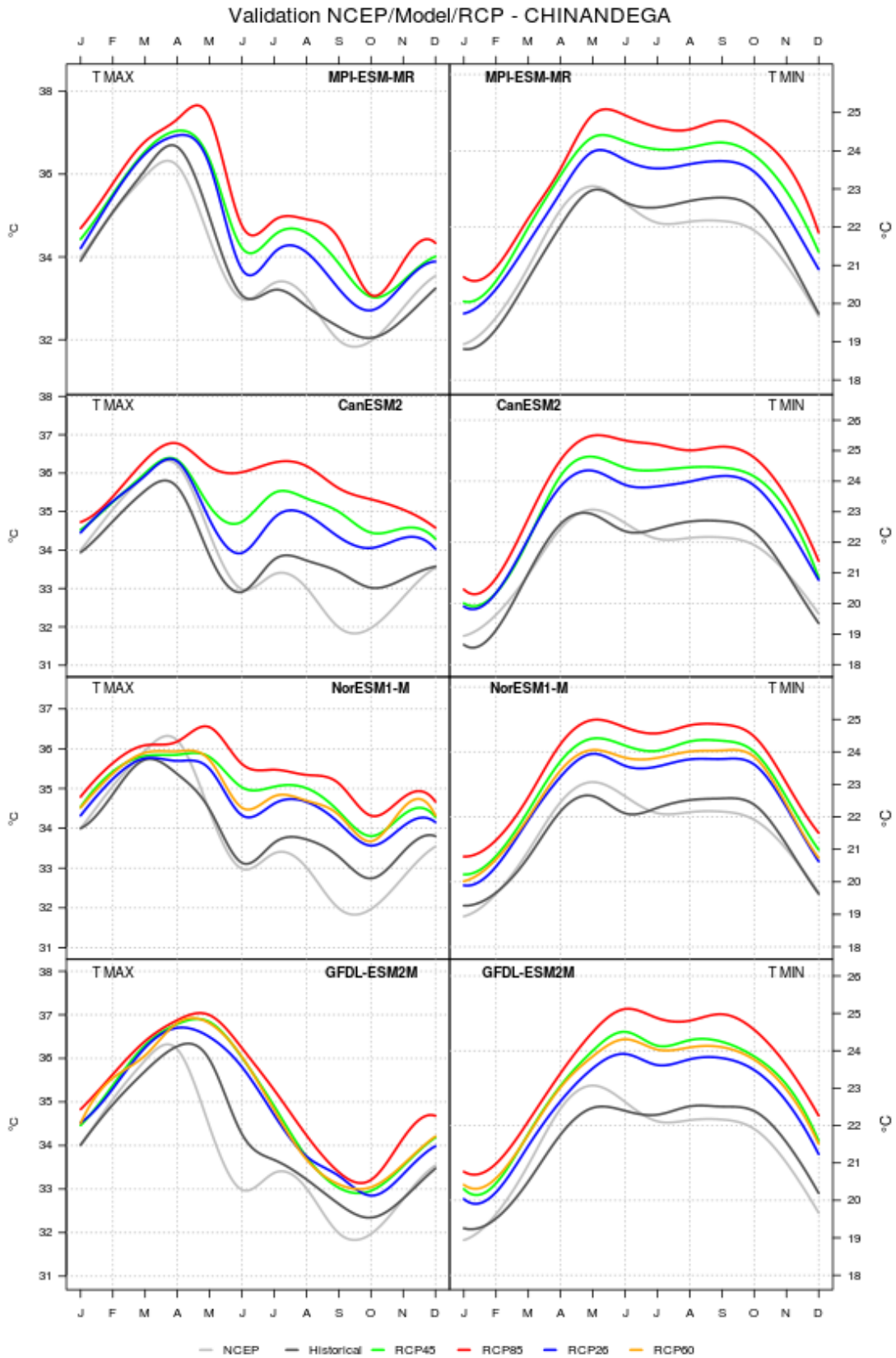


Figura 7. Climograma de validación y proyecciones futuras. Ciclo anual de la precipitación y del número de días de precipitación para el observatorio “Chinandega” de las series simuladas mediante regionalización del NCEP (gris claro), del historical experiment (gris oscuro) y de cada uno de los RCP (líneas de colores, ver leyenda: corresponden a las proyecciones del Modelo para 2041-2070)

## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca

correspondientes a cada uno de los modelos empleados en el estudio. Unidades: mm/día y días, respectivamente



## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca

Figura 8. Climograma de validación y proyecciones futuras. Ciclo anual de las temperaturas máximas y mínimas para el observatorio “Chinandega” de las series simuladas mediante regionalización del NCEP (gris claro), del historical experiment (gris oscuro) y de cada uno de los RCP (líneas de colores, ver leyenda: corresponden a las proyecciones del Modelo para 2041-2070) correspondientes a cada uno de los modelos empleados en el estudio. Unidades: °C..

De todos los modelos, el MPI-ESM-MR es una vez más el que mejores resultados muestra tanto para precipitación como para temperatura. En el caso de la precipitación, el modelo es capaz de simular el ciclo anual, pero tiende a infraestimar el valor de los máximos, y a sobrestimar (en este observatorio de forma más clara que en los anteriores) la cantidad de precipitación asociada a la Canícula, por lo que este fenómeno no queda muy marcado. El suavizado de la Canícula se hace también patente en la curva de días con precipitación. Respecto a las proyecciones para mitad de siglo (2041-2070), según este modelo, se espera un descenso de las precipitaciones con respecto al periodo historical en la época de Canícula y un aumento de la cantidad de precipitación asociada a los picos máximos, de forma que lo que simula el modelo para el futuro se aproxima mucho a lo simulado por regionalización del reanálisis. También se espera un leve retraso del segundo máximo, especialmente según el RCP 8.5. Respecto a la temperatura, el modelo sigue muy bien la curva de temperatura máxima, y bastante bien la de la mínima, con una cierta sobreestima entre julio y octubre. Según este modelo, como en casos anteriores, los mayores ascensos (de unos 2°C) tanto de la máxima como de la mínima se esperan entre mayo y septiembre (para la mínima también en noviembre y diciembre). También se simula un retraso del máximo de abril de la temperatura máxima, especialmente para el RCP 8.5. Todo ello comparando, como siempre, con el periodo historical.

El modelo CanESM2, como en casos anteriores, recoge de forma más o menos satisfactoria la forma del ciclo anual tanto de precipitación como de número de días de lluvia, aunque subestima de forma clara el máximo de precipitación observado en septiembre, dando incluso menos precipitación en este máximo que en el de junio. También subestima, en menor medida, la cantidad de precipitación durante el periodo canicular. Según este modelo se esperan pocos cambios relevantes para mediados de siglo, manteniéndose ambos máximos de precipitación de la misma magnitud. También como en las estaciones anteriores, este modelo también es capaz de reproducir el ciclo anual de las temperaturas máxima y mínima, sobreestimándolas (especialmente la máxima) de julio a octubre. Para el futuro se esperan, también como en casos anteriores, aumentos considerables (de hasta 3°C para 2041-2070) de la temperatura máxima y mínima con respecto al periodo historical, especialmente entre mayo y noviembre.

Para el modelo NorESM1, se obtienen también resultados similares a los observatorios anteriores: la forma del ciclo anual de precipitación se simula correctamente, pero se infraestima de forma importante la precipitación del periodo lluvioso, especialmente de los máximos de junio y septiembre (este último se simula además con cierto retraso). Las proyecciones para mitad de siglo muestran cambios no muy claros, con ligeros aumentos y disminuciones (según el RCP) de la precipitación de los máximos de junio y septiembre. Las curvas de temperatura máxima y mínima son reproducidas de forma similar al modelo CanESM2, bastante bien aunque tiende a sobrestimar la temperatura máxima en la segunda mitad del año, y en este caso además a subestimar el máximo de abril. Los cambios a futuro son también similares a los del modelo canadiense, aunque simula un desplazamiento del máximo del historical (en abril) a mayo.

De todos los modelos, una vez más el GFDL-EMS es el que peores resultados muestra en precipitación, porque, como se comprobado en todos los observatorios, este modelo no reproduce adecuadamente el máximo de precipitación de junio ni por tanto la canícula. En este caso también infraestima bastante el máximo de septiembre. Las proyecciones, que quizá no debieran utilizarse por los malos resultados de validación de este modelo, sugieren aumentos considerables de las precipitaciones de agosto a octubre,

## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca

con respecto al periodo histórico. En el caso de la temperatura, el modelo es capaz de recoger de forma más o menos satisfactoria el ciclo anual, especialmente para la mínima, sobreestimando la temperatura máxima de mayo a octubre (excepto agosto). Este modelo simula para mediados de siglo aumentos más moderados que los modelos anteriores para la temperatura máxima, y similares para la mínima.

Por tanto, el análisis conjunto de las cuatro estaciones aquí estudiadas permite concluir que los resultados de verificación son muy buenos tanto para precipitación como para temperatura, salvo algunos pequeños detalles. Es decir, la metodología FICLIMA es capaz de simular la precipitación y temperatura observadas a partir del reanálisis NCEP (“observaciones” de los estados atmosféricos).

Los resultados de validación son también muy buenos para el modelo alemán, tanto para precipitación como para temperatura, siendo el que mejores resultados ofrece de los 4 para prácticamente todos los observatorios y variables.

El modelo canadiense ofrece resultados de verificación aceptables, aunque infraestima claramente la precipitación (especialmente el máximo de septiembre), y sobreestima también de forma apreciable la temperatura máxima de julio a octubre.

Los resultados de verificación del modelo noruego son muy similares a los del canadiense, especialmente en temperatura. En precipitación también infraestima claramente la de la época lluviosa, pero en este caso infraestimando mucho más el primer máximo (junio).

El modelo americano es claramente el que peores resultados de verificación para precipitación ofrece, ya que no representa el máximo de junio, ni por tanto la canícula. Esta incapacidad para representar las características esenciales de la precipitación en la zona hacen que, si es posible (y en este caso lo es porque hay otros modelos con resultados razonablemente fiables), este modelo no debe utilizarse en zonas donde la canícula está bien definida. En temperatura los resultados de verificación son quizá también los peores, aunque de forma menos clara.

No obstante estas conclusiones generales, y que aquí se hayan ofrecido resultados de cuatro estaciones en aras a la brevedad, estos análisis de verificación y validación deben realizarse a escala local, para el observatorio de interés para el punto de estudio.

Respecto a los cambios que simulan los modelos para mediados de siglo (promedio 2041-2070), todos ellos coinciden en un claro aumento de las temperaturas máximas y mínimas, especialmente en los meses centrales del año, que según el modelo y el observatorio, pueden alcanzar entre 2 y 3°C para el RCP más desfavorable (8.5). También coinciden todos los modelos en que a mayor RCP, mayor calentamiento, es decir, que los esfuerzos por mitigar el cambio climático, reduciendo las emisiones y la presencia en la atmósfera de los gases de efecto invernadero, tienen un claro efecto, reduciendo notablemente el calentamiento.

Los cambios en precipitación son menos claros que en temperatura, y dependen del Modelo, el RCP y el observatorio que se analice.

Obviamente, también en este caso el análisis de estos cambios debe hacerse a escala local, para el observatorio de interés.

### 3.2. EFECTOS EN FENÓMENOS CLIMÁTICOS CLAVE

## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca

En este primer apartado se analiza cómo se prevé que van a cambiar fenómenos climáticos claves que pueden afectar a sistemas de producción esenciales en el Golfo de Fonseca, como son el inicio del invierno, la canícula, la postrera, etc. Algunos de los indicadores utilizados van a servir de referencia para formular índices específicos de los medios de vida

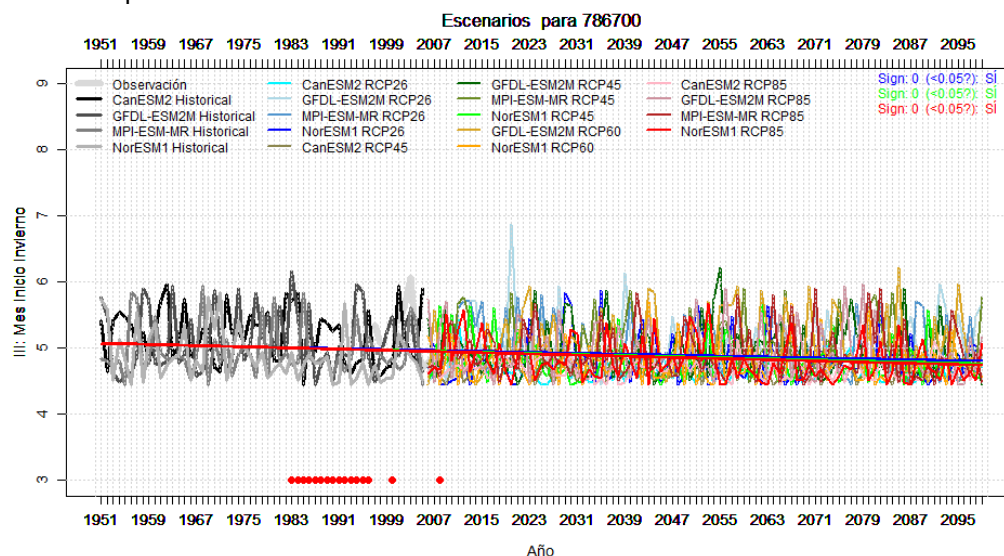
### a) El inicio del invierno

El adelanto o atraso de la entrada del invierno, así como la consolidación del inicio de la época húmeda son claves para analizar la viabilidad de los cultivos de primera.

**Indicador de inicio de invierno (III):** "Primer día (con precipitación superior a 2 mm) a partir del 1 de abril en el que se inicia un ciclo de 4 días con precipitación acumulada superior a 20mm

Los escenarios proyectados para este indicador no predicen grandes cambios, manteniéndose el inicio del invierno en el área del Golfo de Honduras y El Salvador en los primeros días de mayo, y en el Norte de Nicaragua en torno a la segunda semana de mayo. Sin embargo, existen en general tendencias significativas en casi todas las áreas del proyecto (excepto en los observatorios de Marcovia y Amapala) hacia un adelanto del invierno en los escenarios más pesimistas (RCPs085) que en algunos casos puede ser de dos o tres días y en otros de una semana. Las siguientes gráficas muestran estas tendencias en los tres países, tanto por los escenarios en San Salvador, como por los de Goascorán, Alianza y Nacaome y los de algunas zonas de El Viejo (Jiquiillo) y Chinandega.

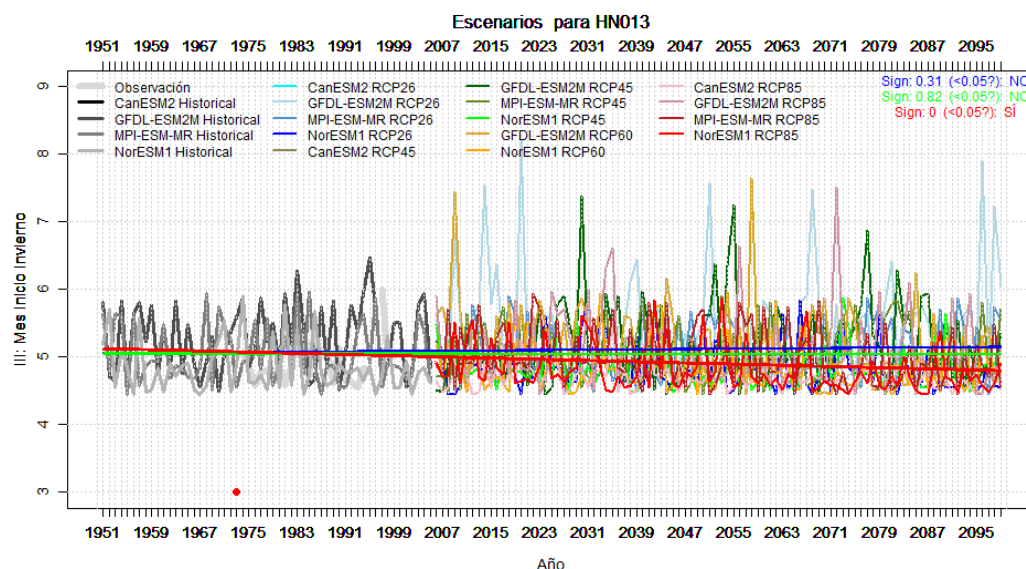
#### Evolución prevista de III en San Salvador



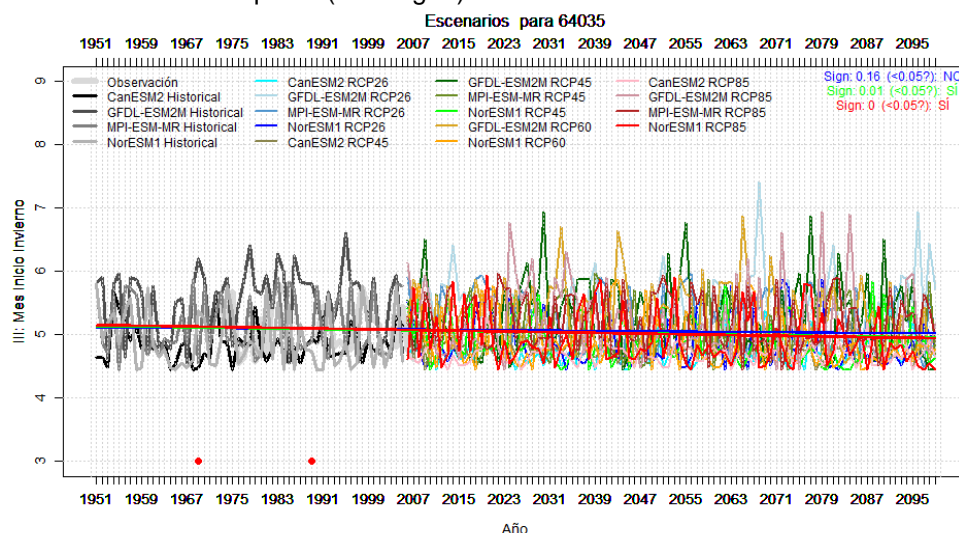
#### Evolución Invierno en Coray



## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca



### Evolución invierno Jiquilillo (Nicaragua)



### b) El Inicio, duración y severidad de la canícula

Analizar la canícula es muy importante tanto para cultivos anuales como pluri-anales. Poder conocer si va a ser más severa (mayor temperatura y menor lluvia), más prolongada o más temprana va a permitir conocer si existen condiciones en el futuro para la emergencia y el desarrollo de la planta en la época de primera.

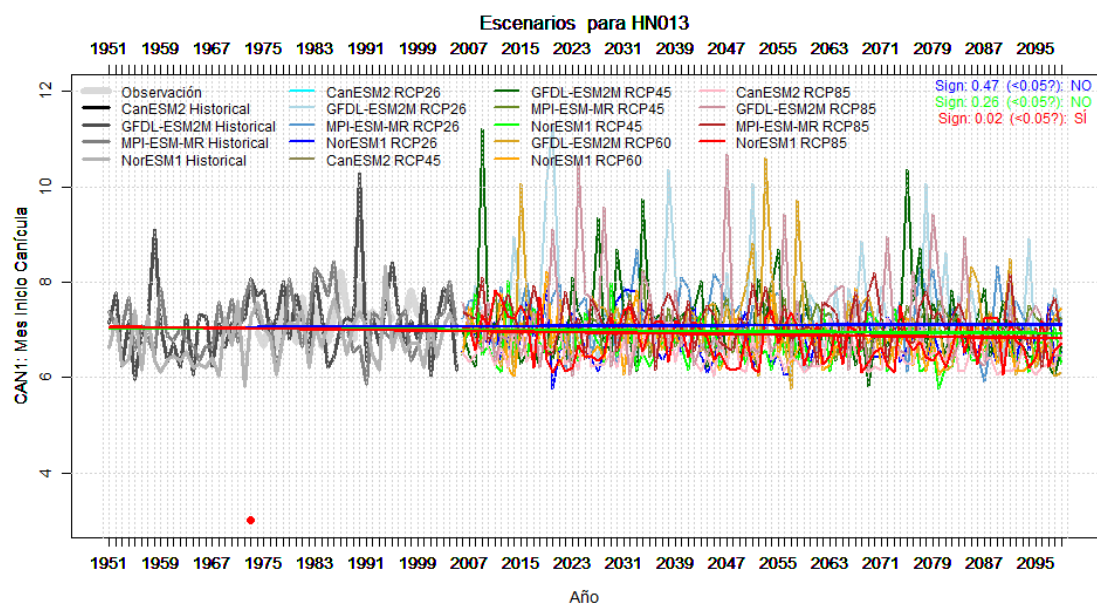
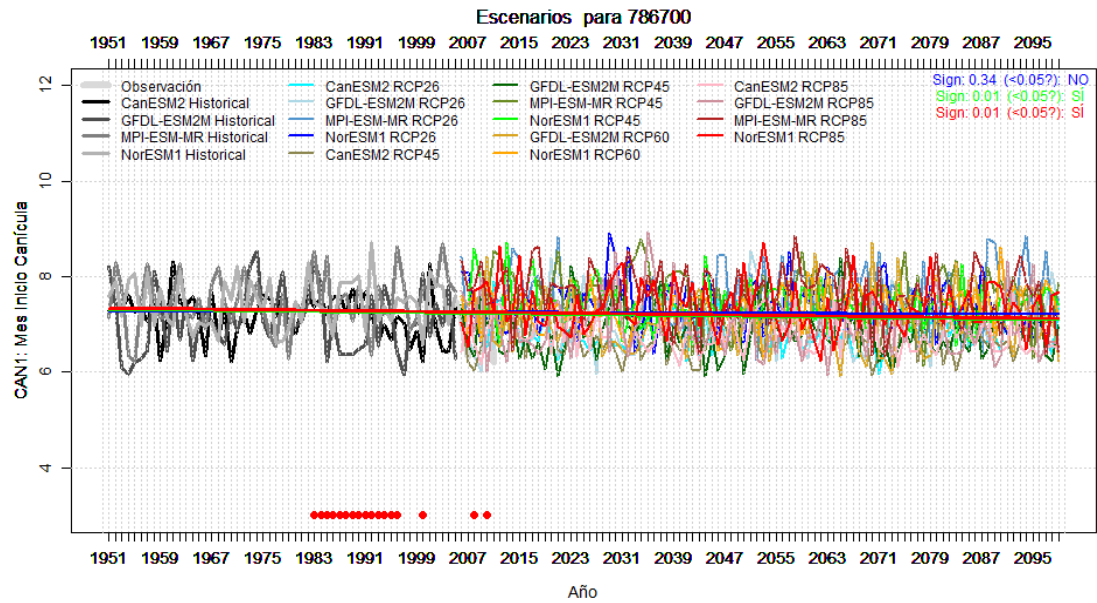
El inicio de la canícula se analiza mediante el siguiente indicador:

**Indicador "inicio de la canícula":** Primer día de la racha máxima de días consecutivos en el que la precipitación acumulada de ese día y los 4 posteriores es inferior a 10 mm, entre los días 40 y 90 de inicio del invierno

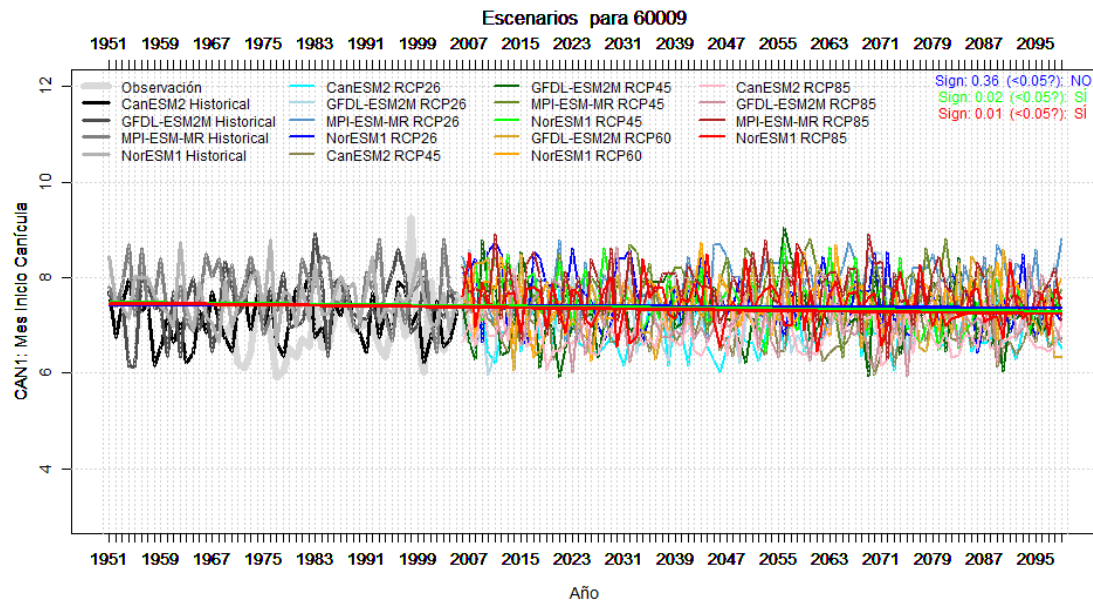
La canícula se mantendrá normalmente entre la segunda y tercera semana de julio. Aproximadamente la mitad de los escenarios obtenidos en relación a la canícula muestran una tendencia hacia el adelanto del receso de las lluvias del invierno en el escenario más pesimista, pero no en los más optimistas. Las áreas en las que se anticipará más claramente la canícula coinciden con las áreas en que se prevé una entrada más adelantada del invierno. A continuación se muestran las tendencias de inicio de canícula en

## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca

San Salvador, Nacaome (Coray) y Somotillo-Chinandega (Villa 15 de Julio). En el caso de Nacaome la RCP085 muestra un adelanto mediante el cual la canícula llegará a finales de junio.



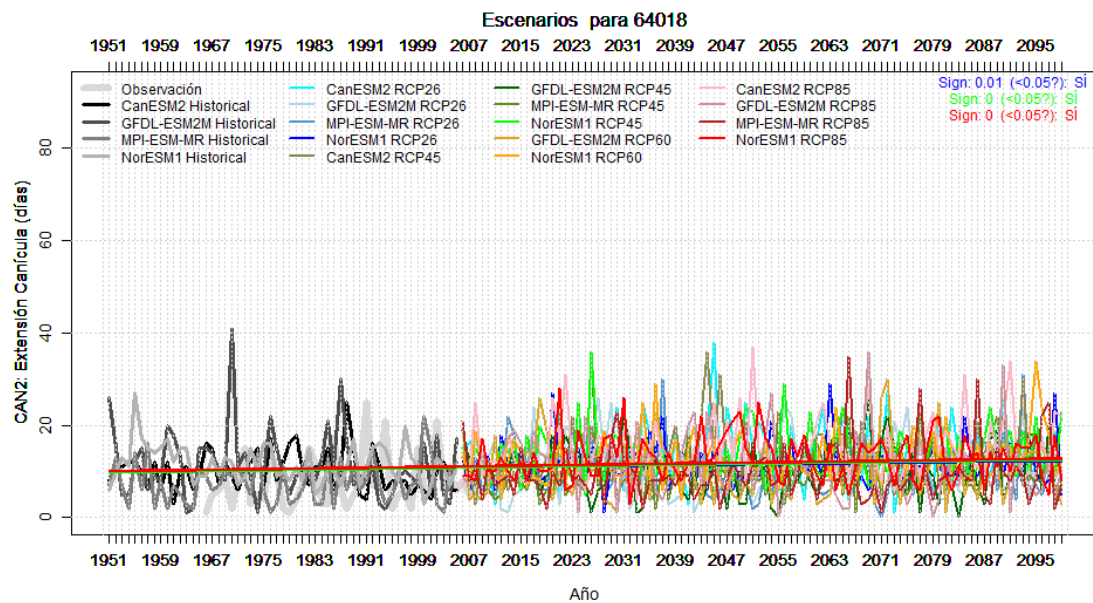
## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca



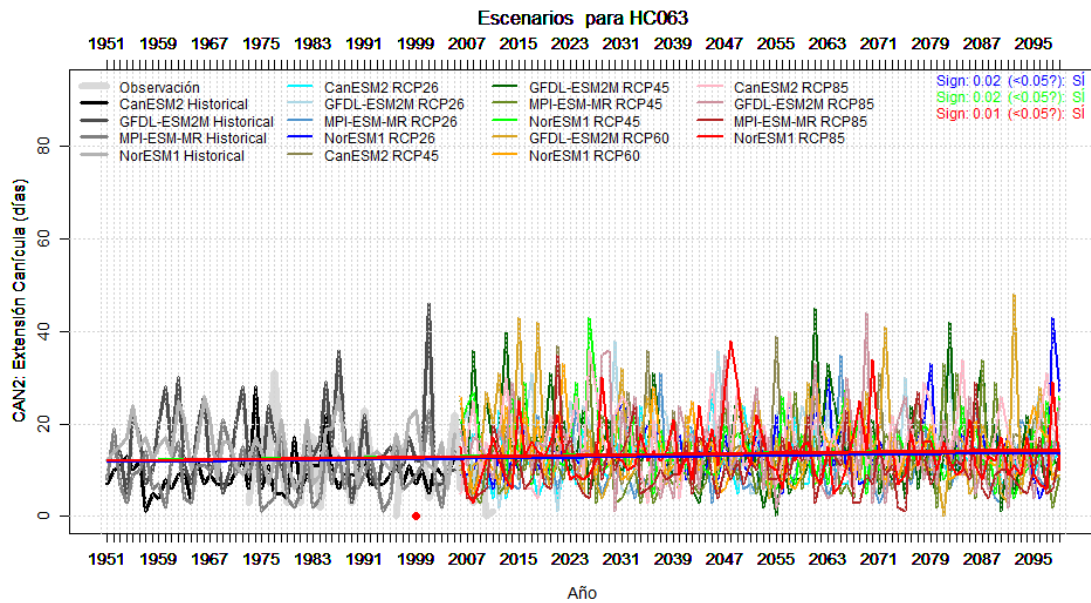
En cuanto a la extensión de la canícula, el indicador utilizado es:

**Indicador “duración de la canícula”:** Máximo número de días consecutivos en los que la precipitación acumulada de ese día y los 4 posteriores es inferior a 10 mm, entre los días 40 y 90 de inicio del invierno

La canícula normalmente en la zona se prolonga en un rango entre 12 y 15 días. Sin embargo, hay casos como en Somotillo en Nicaragua, así como Amapala y Nacaome en Honduras donde fácilmente pueden alcanzar los 20 días. La tendencia es que, en general, la duración de la canícula va a aumentar hacia mediados de siglo en casi todos los casos en el RCP85, y en tres casos en todos los RCPs. Tan solo se prevé una reducción de la canícula en San Salvador en los escenarios más optimistas (en los más pesimistas se mantiene). A continuación presentamos las gráficas obtenidas para San Salvador, Chinandega y Namasigüe. En los dos últimos se observa un incremento del orden de 3 o cuatro días para mediados de siglo.



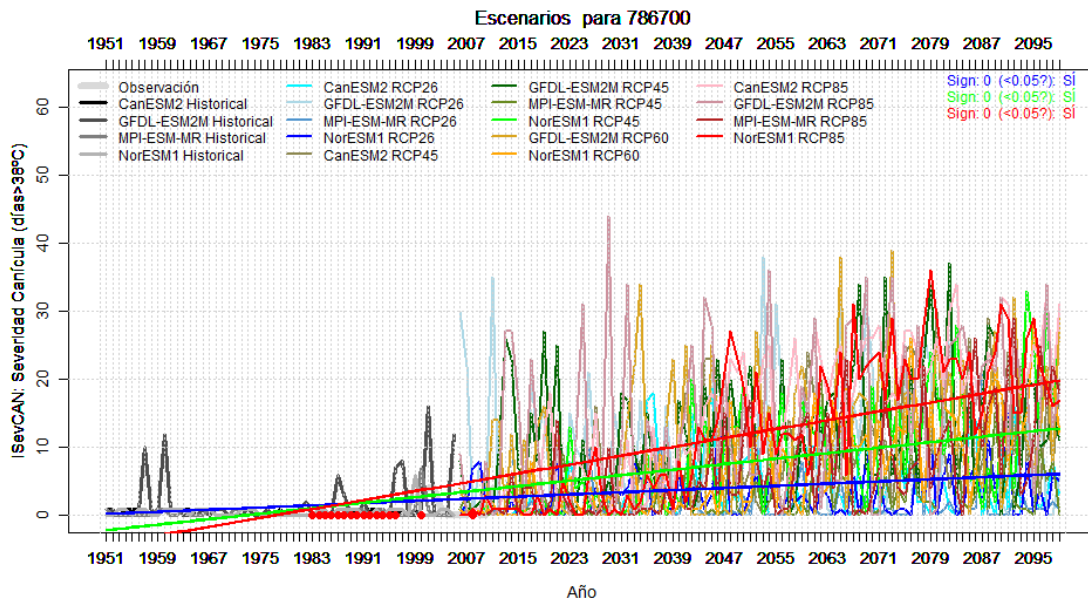
## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca



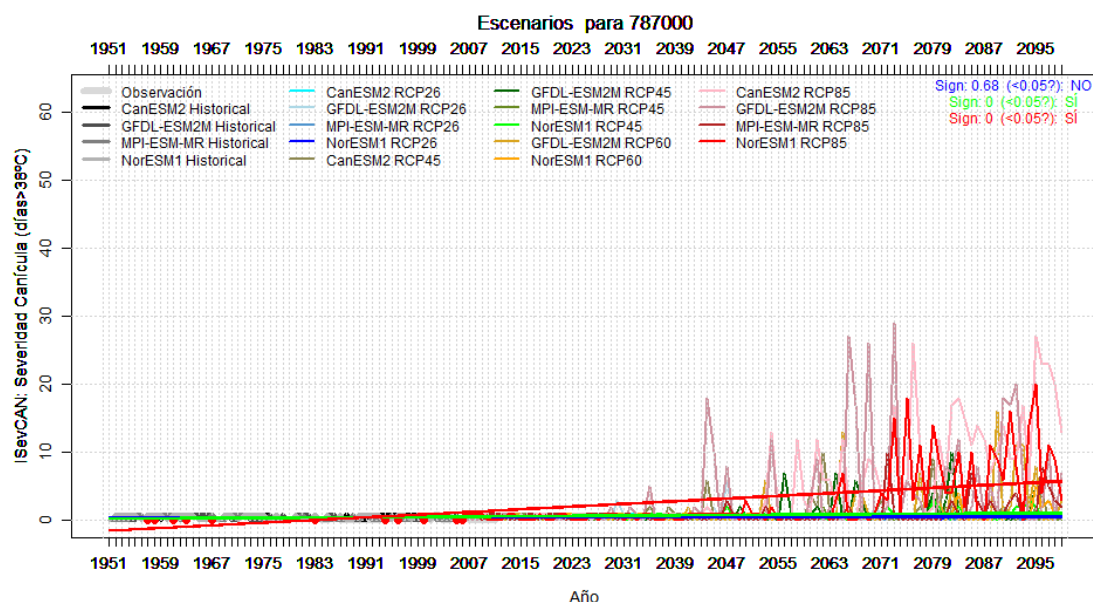
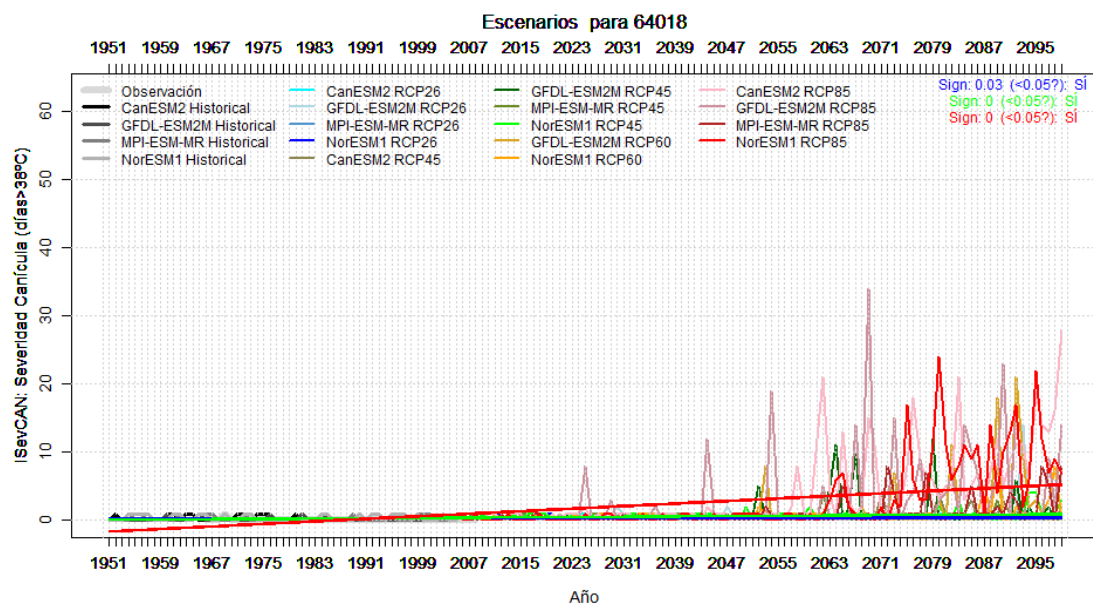
La severidad de la canícula se mide por una combinación entre el déficit de precipitación o precipitación reducida con las temperaturas elevadas. El indicador utilizado se ha formulado haciendo referencia al inicio de las siembras de granos básicos en primera (Días después de la Siembra de Primera –DDSPr-), pues son normalmente los más afectados por una mayor intensidad de temperaturas elevadas y baja precipitación :

**Indicadores de Severidad de la Canícula (ISevCAN):** Número de días en el periodo 40-90 días DDSPr en los que se registra una  $T^a$  mayor o igual a los  $38^{\circ}$  y la precipitación acumulada en ese día y los cuatro anteriores es inferior a 2 mm.

Este indicador se ha medido a partir de los datos de las estaciones con temperatura. En los casos de San Salvador, Chinandega, Corinto y Amapala, es donde se observa un incremento significativo de los días con temperatura elevada (mayor o igual a  $38^{\circ}\text{C}$ ) tras un periodo de escasas lluvias. En el caso de San Salvador es donde el incremento es más importante, pasando de 4 días en la actualidad a 8-9 días a mediados de siglo en que se darán estas circunstancias más rigurosas.



## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca



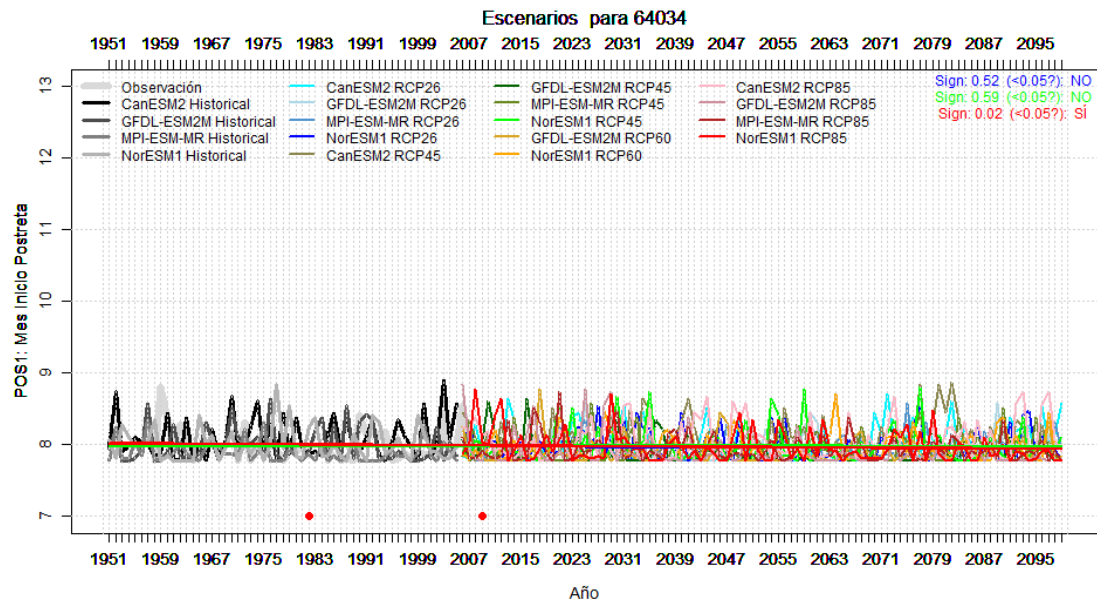
### c) Inicio de postrera

La postrera inicia en la primera semana de agosto, con escasas variaciones entre las diferentes áreas del Golfo. El indicador para el análisis de la influencia del clima en este momento clave para los medios de vida en el área del Golfo sería:

**Indicador "inicio de postrera".** Primer día (con precipitación superior a 2 mm) a partir del 25 de julio en el que se inicia un ciclo de 4 días con precipitación acumulada superior a 20mm

No se observan tendencias de cambio en las estaciones analizadas, con excepción de un ligero adelanto en las áreas de influencia de la estación de Corinto en Nicaragua, pero tan solo para el caso de la RCP más pesimista (RCP085). Ver la gráfica siguiente:

## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca

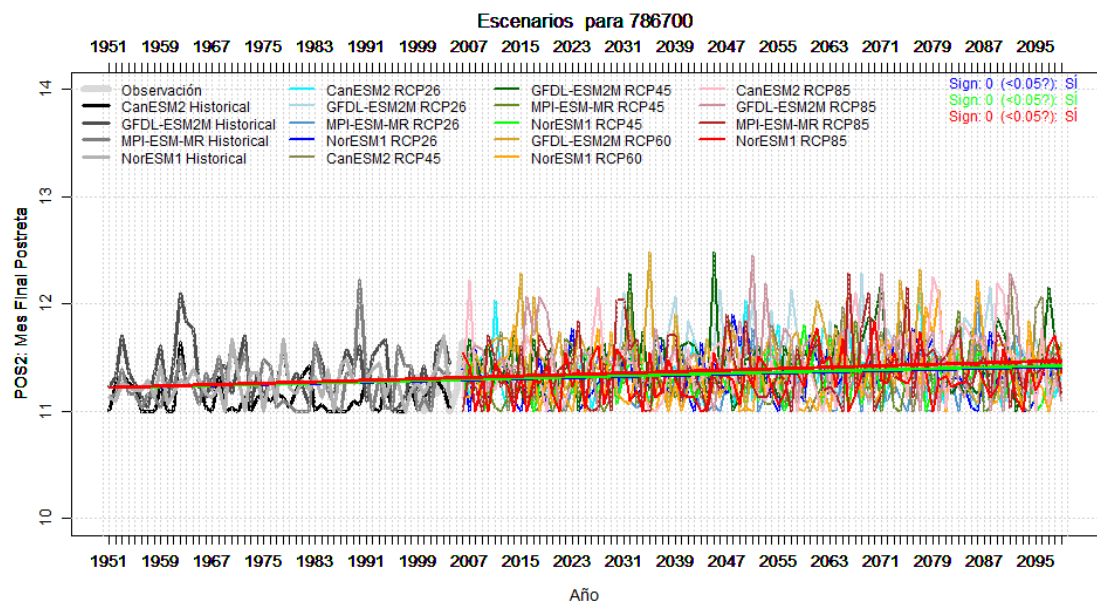


### d) Fin de la época de postrera

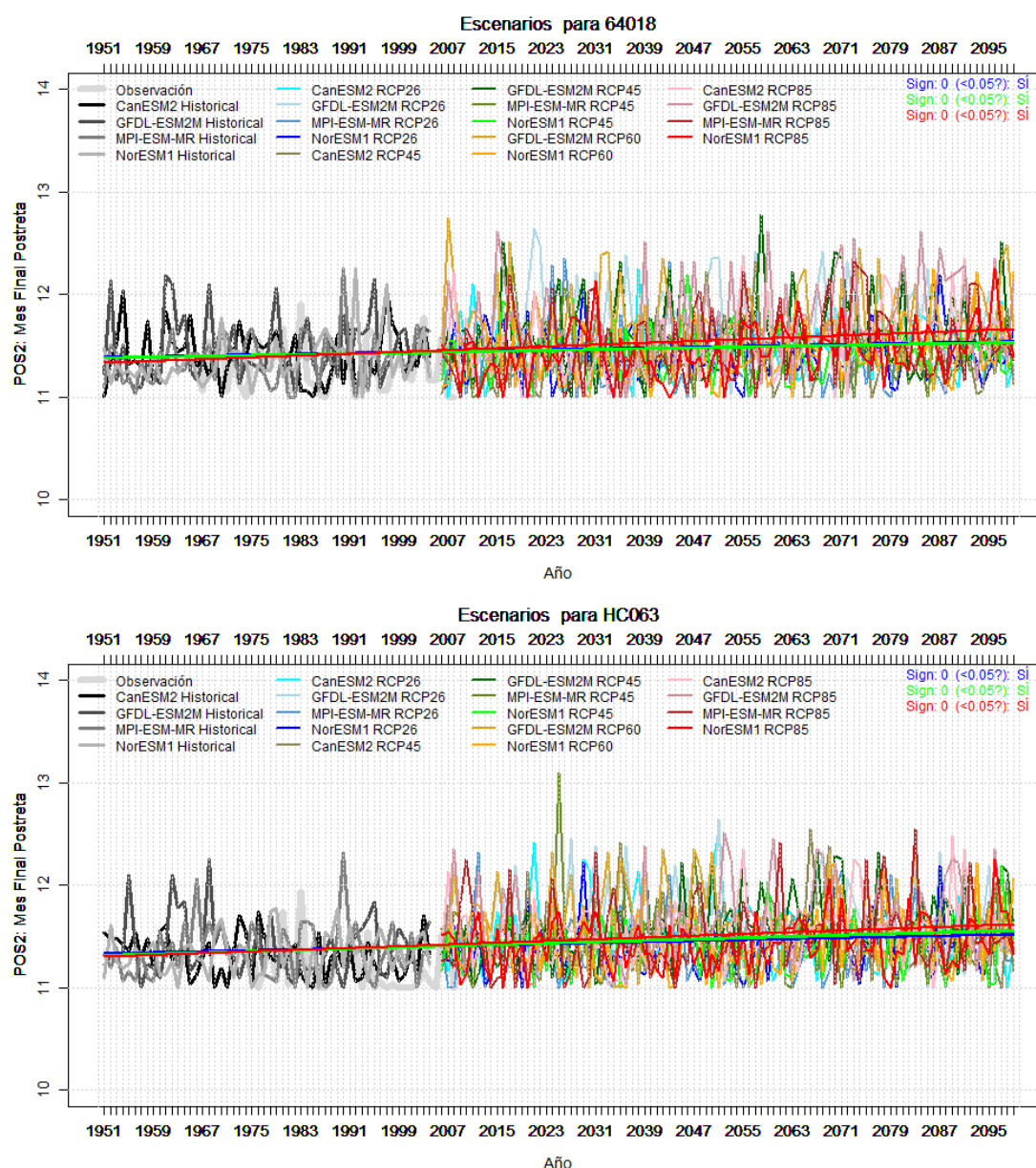
La postrera suele finalizar en la primera semana de noviembre, variando entre unas áreas y otras. Esta fase es muy importante en cultivos de siembra en humedales para que se den condiciones de escasa lluvia una vez finalizada la postrera, como para poder secar la cosecha producida en ese periodo. El indicador para poder medir el final de la postrera ha sido definido como:

**Indicador "fin de postrera":** Primera fecha a partir del 1 de noviembre en la que se dan 8 días consecutivos con precipitación acumulada igual o inferior a 2 mm

La tendencia de este indicador es muy significativa en todas las estaciones hacia un retraso en la finalización de las lluvias de postrera del orden de 5-7 días hasta finalizar la postrera a mediados de noviembre (aunque por la información de la estación de Tegucigalpa en algunas áreas más altas podría llegar a la tercera semana de noviembre). A continuación se detallan las áreas donde este retraso será más relevante en las áreas de influencia de la estación de San Salvador, Chinandega en Nicaragua y Namasigüe en Honduras.



## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca



### 4. EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LOS GRANOS BÁSICOS: MAÍZ FRIJOL Y MAICILLO

En el análisis de elementos críticos de granos básicos se ha tenido en cuenta el maíz de primera y postretra, el maicillo y el frijol de postretra, por ser la combinación más habitual entre los pequeños productores del área del proyecto.

Las fases en las que se ha descompuesto la cadena para identificar los elementos críticos en el maíz han sido las siguientes: siembra y emergencia, floración y maduración del grano, cosecha y post-cosecha.

A continuación se analizan los principales elementos críticos y los indicadores aplicados para cada una de estas fases.

## 4.1 MAÍZ DE PRIMERA Y POSTRERA

### a) Fase de siembra y emergencia

Es una fase crítica para el maíz y por ello se analizan varios indicadores relacionados con dos aspectos clave:

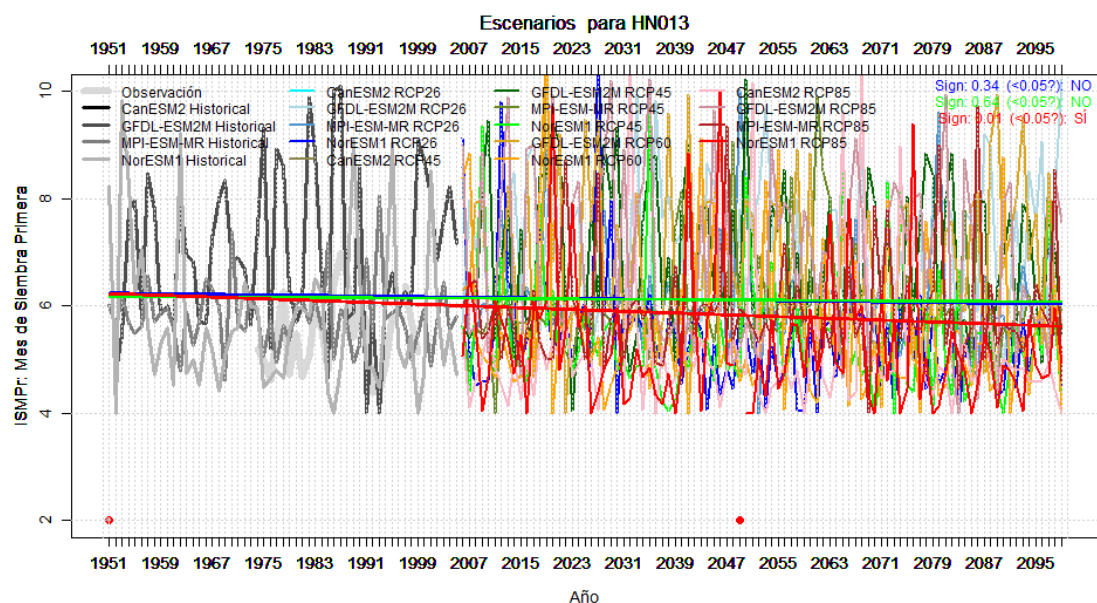
- Cambios en las fechas de siembra efectiva
- Escasez o exceso de humedad en la emergencia
- 

Las fechas de siembra para el maíz se calculan (tanto de primera como de postrera) con indicadores muy similares. La única diferencia que se ha tenido en cuenta es que normalmente en la postrera hay más lluvia que en el inicio del invierno. Por tanto, se considera que se puede sembrar cuando la lluvia sea menor de 10mm en 3 días para la postrera y 5 mm en 3 días para la primera.

**Indicador de siembra de primera (ISMPr):** Primer día a partir del 1 de abril en el que llueve menos de 5mm en 3 días, en que los 4 anteriores llueve más de 20mm y en los 10 posteriores llueve más de 20mm

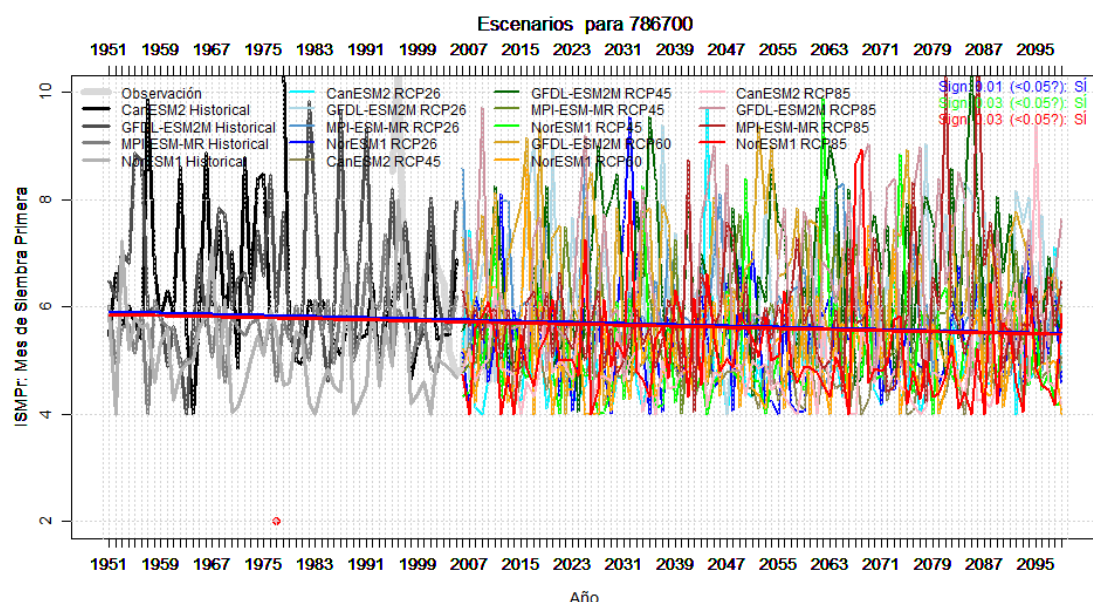
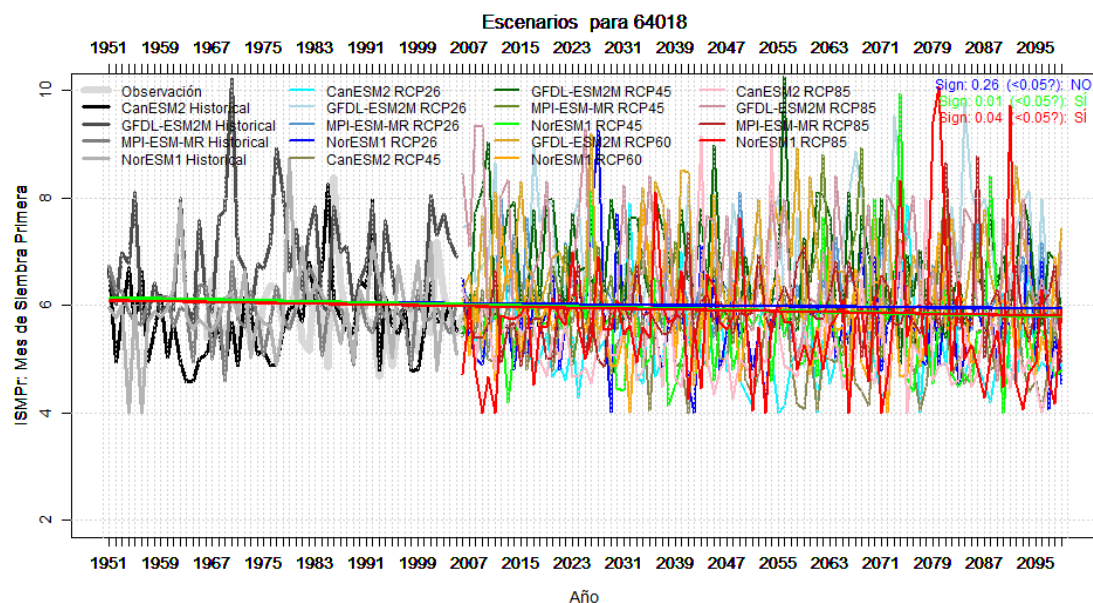
**Indicador de siembra de postrera (ISMPos):** Primer día desde EL INICIO DE LA POSTRERA en el que en el que llueve menos de 10mm en 3 días, en que los 4 anteriores llueve más de 20mm y en los 10 posteriores llueve más de 20mm.

El adelanto previsto de la entrada del invierno estará acompañado de un adelanto de las fechas de siembra de maíz de primera. En la zona el maíz de primera se siembra entre la última semana de mayo y la primera semana de junio. Las tendencias muestran adelantos en algunos casos muy importantes en las condiciones para siembra efectiva del maíz. Este es el caso de San Salvador, donde se prevé un adelanto de la siembra efectiva hasta mediados de mayo. Las gráficas de Chinandega en Nicaragua y Nacaome en Honduras son una muestra del adelanto generalizado de las condiciones para la siembra de primera.





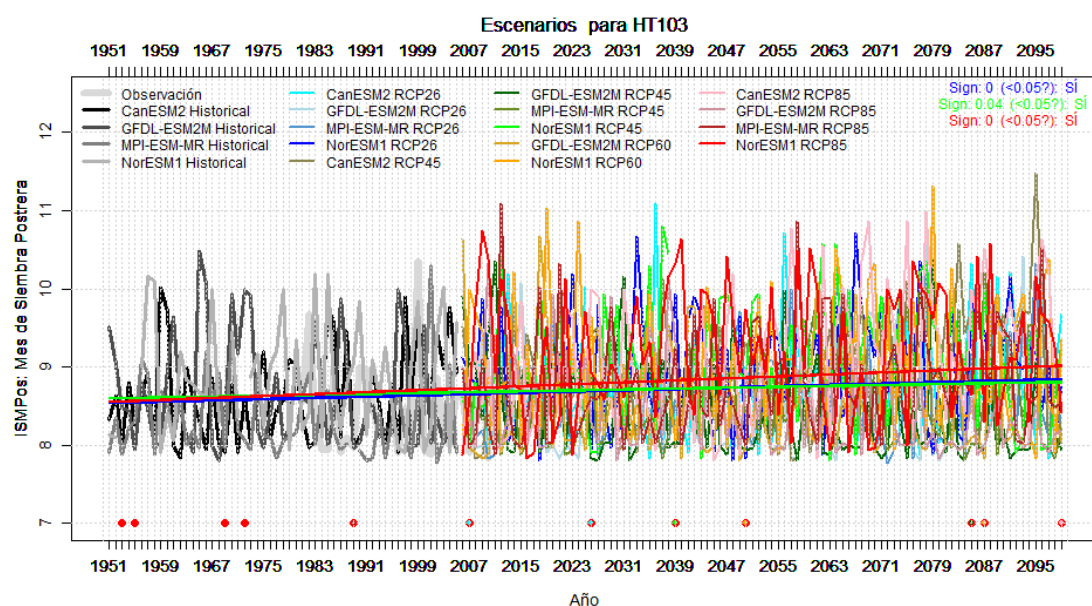
## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca



Al adelantarse la siembra, el adelanto previsto de la canícula no tendrá un efecto tan importante en el cultivo de maíz en seco, pues se prevé que se podrá mantener el margen de 35-40 días con lluvia necesario para el desarrollo de cultivo antes de entrar en la canícula.

Con relación a la postrera, al no preverse cambios en la entrada de las lluvias se mantendrán en término medio las fechas de siembra efectiva de maíz. Sin embargo las gráficas muestran un incremento de la variabilidad entre los años, de manera que cada vez variará más la fecha de entrada de la postrera. Las gráficas generadas tan solo predicen tendencias al retraso en la siembra de postrera para todas las RCPs en el municipio del El Triunfo (HT103).

## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca



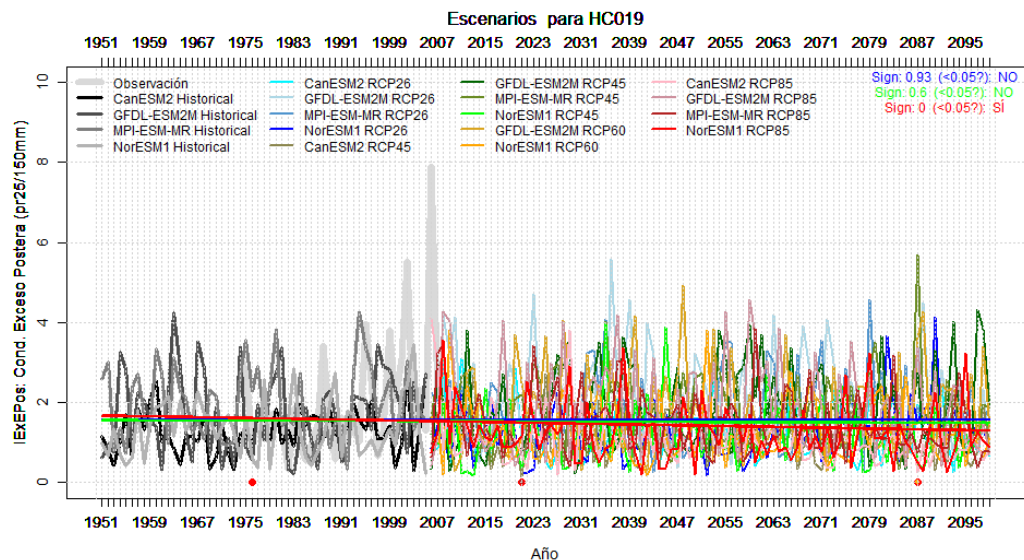
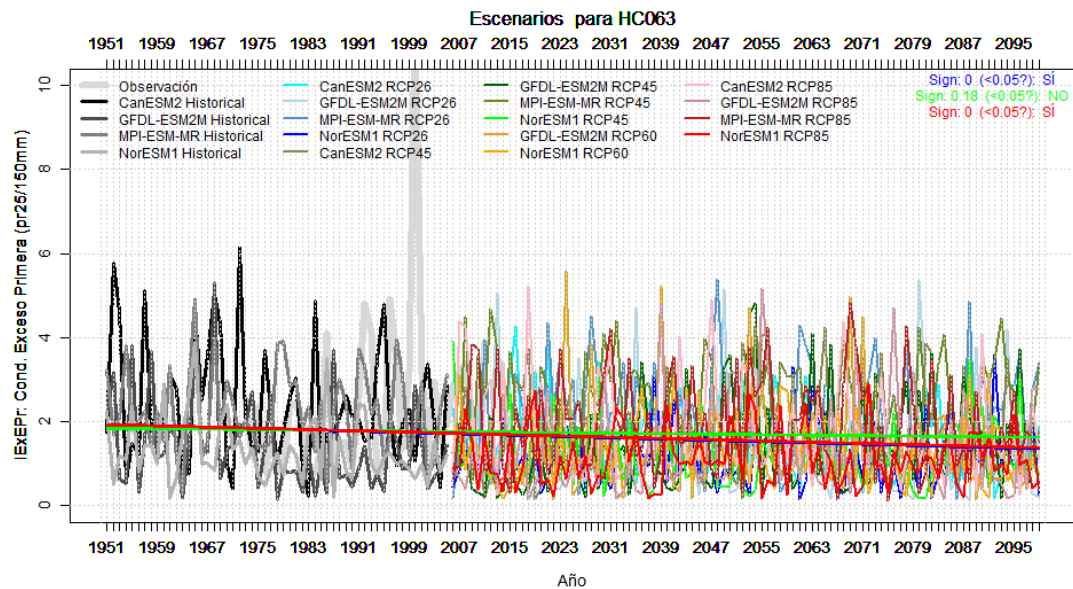
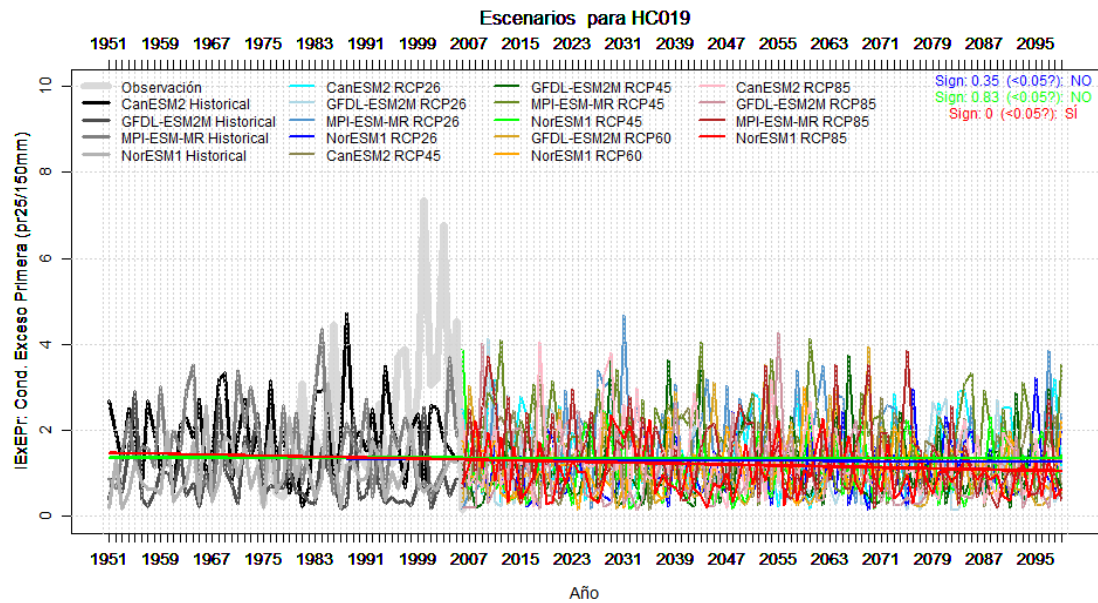
En relación con la escasez o exceso de lluvias en la emergencia del cultivo, los indicadores utilizados son los siguientes:

**Indicador de condiciones de emergencia/crecimiento por escasez de agua (IEscEM):** "Precipitación acumulada (mm) en el periodo 1-25 días de la siembra dividido entre 40 mm  
**Indicador de condiciones de emergencia/crecimiento por exceso de agua (IExE):** "Precipitación acumulada (mm) entre el día 1 y 25 de la siembra dividido entre 150 mm

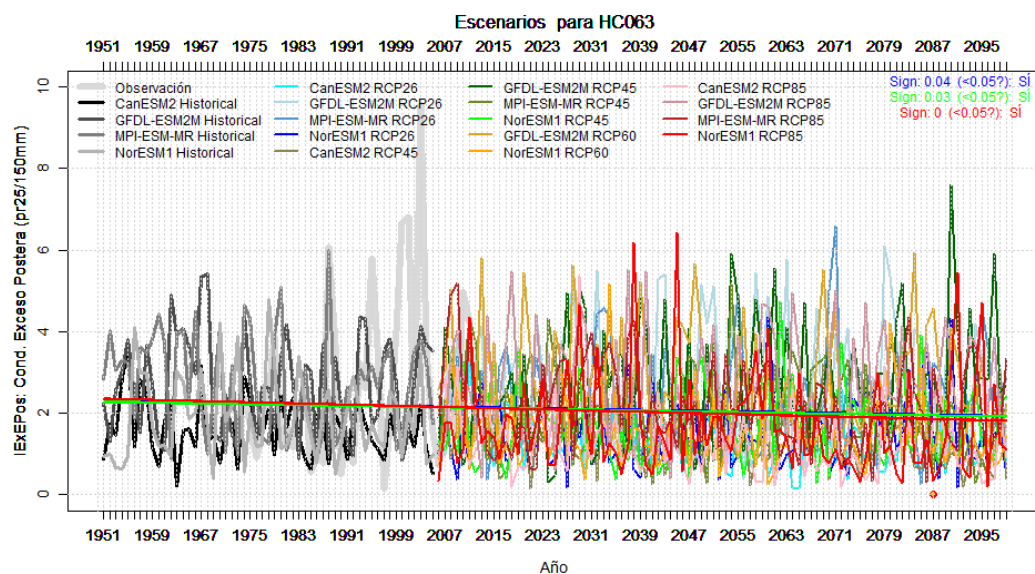
Ni en el cultivo de maíz de primera ni en el de postrera se detecta que vayan a existir mayores problemas de escasez de lluvias para la emergencia y desarrollo de cultivo de maíz en sus primeros 25 días. En general, las lluvias acumuladas en este periodo se mantienen en torno a los 160mm. Tan solo se observan tendencias a que se reduzcan las lluvias en algunas áreas para los escenarios más pesimistas (RCP085), pero no se trata de una reducción que pueda conllevar problemas de déficit hídrico.

En cuanto al exceso de lluvias tampoco se detectan cambios significativos. Sin embargo, en zonas donde tanto en primera como en postrera se da un exceso de lluvias en estas fechas, como es el caso de Marcovia y Namasigüe en Honduras, se prevé una reducción de las mismas y por lo tanto mejores condiciones de escasa saturación de suelos que benefician a la emergencia de la planta.

# Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca



## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca



Por lo tanto se prevé un adelanto de las siembras de primera de una a dos semanas (en los escenarios más pesimistas), coincidiendo con el adelanto del invierno, y la disponibilidad de un periodo similar de humedad al actual para la emergencia y desarrollo del cultivo (pues la canícula también se adelanta). Las siembras de postrera se mantendrán, pero se incrementará su variabilidad, pues las fechas de siembra efectiva van a variar en mayor medida de un año para otro.

No se detectan cambios significativos en la disponibilidad de agua de lluvia para la siembra y emergencia de la planta, pues las precipitaciones se mantendrán en el régimen actual. En algunos casos se prevén mejoras significativas para el cultivo por reducción del exceso de lluvias.

### b) Fase de floración y maduración

En esta fase del maíz se analizan los requerimientos de humedad para una adecuada floración y cuajado del grano. El indicador analizado es:

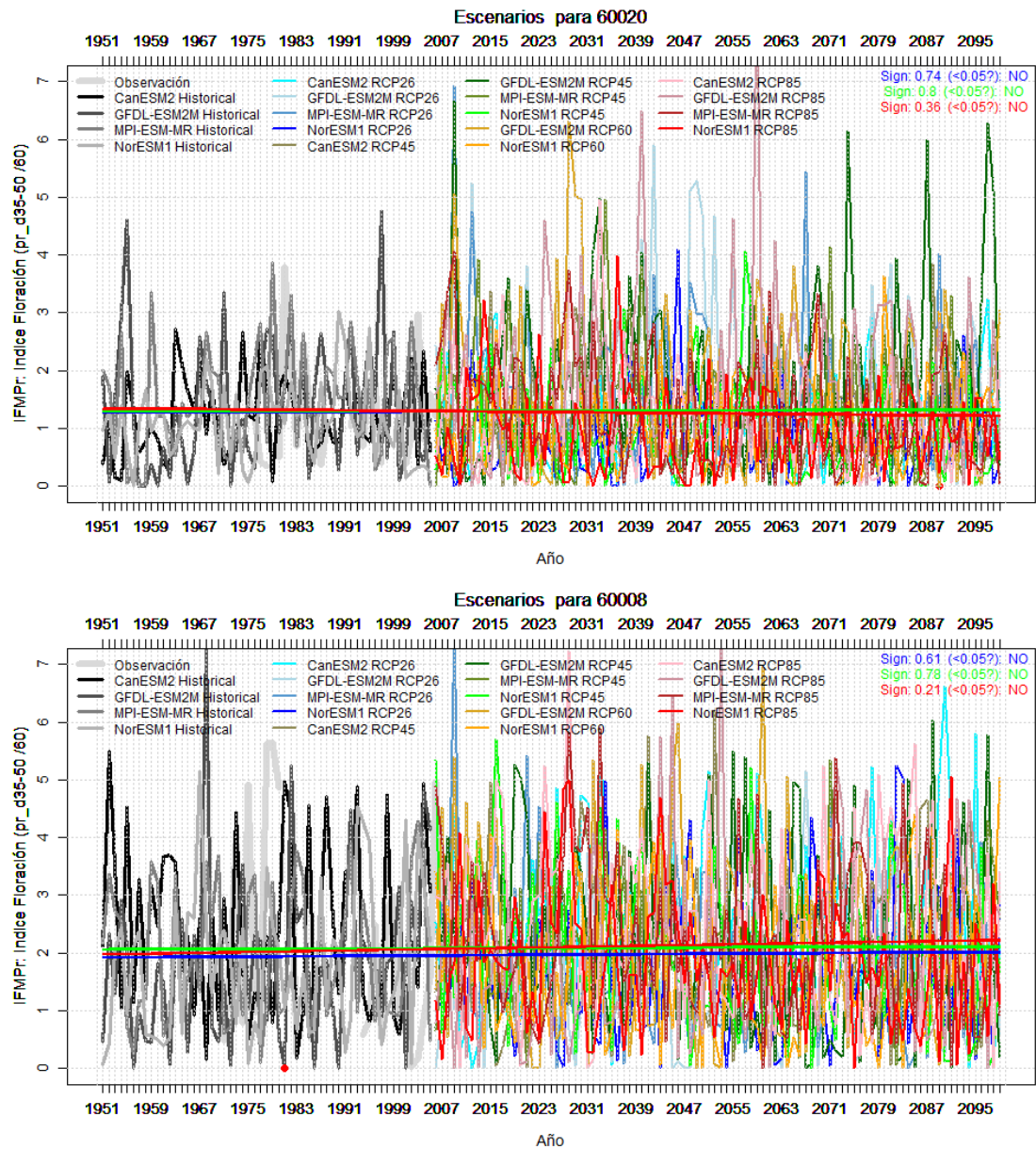
**Indicador de floración en primera (IFMP<sub>r</sub>):** Precipitación acumulada entre el día 35 y 50 DDSPr dividido entre 60mm. Los resultados serán más favorables cuanto mayor sea el cociente (superior a 1) y más desfavorables cuanto menor sea el cociente (inferior a 1)

Tanto en primera como en postrera el índice obtenido para todas las áreas de estudio superan el valor de 1. La época de floración en primera cuenta con 60-120mm de lluvia, mientras que en postrera supera normalmente los 120mm. No se detectan tendencias generales de disminución de esta precipitación ni en primera ni en postrera.

Sin embargo se detecta que en la primera de áreas del Norte de Nicaragua como Chinandega (Las Marias-60020), Somotillo (58007), Villanueva (60008) habrá mayor intensidad de las lluvias en los años de mayor precipitación (incremento muy sustancial de las lluvias en los años más lluviosos) que podría tener efectos negativos con inundaciones en los suelos más arcillosos incidiendo en una menor absorción de nutrientes por la planta<sup>1</sup>.

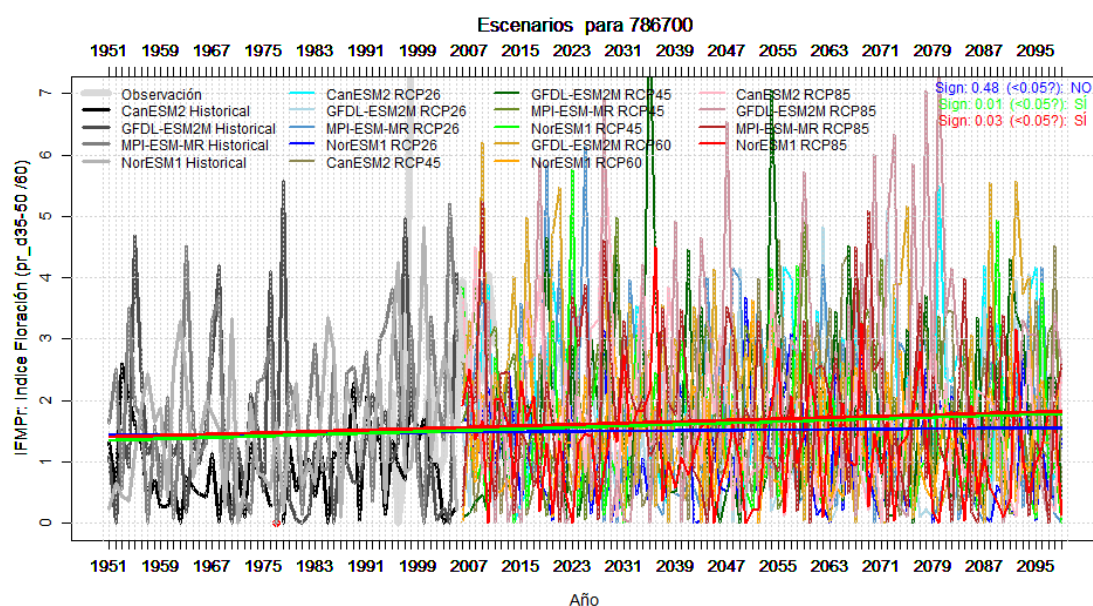
<sup>1</sup> Lafitte H.R. Estrés abióticos que afectan al maíz, FAO, <http://www.fao.org/docrep/003/X7650S/x7650s12.htm>

## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca



Esta tendencia se detecta también con claridad en áreas cercanas a El Salvador (Goascorán) y en San Salvador, donde además la tendencia es a incrementar las lluvias en periodo de pre-floración y floración. Sin embargo, esta tendencia no se observa de manera tan clara en Namasigüe, Triunfo, Choluteca y Marcovia en Honduras..

## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca



En postrera los escenarios predicen muy puntualmente algunos descensos de las precipitaciones medias en el periodo de floración tan solo en el área de Nacaome (Honduras) y Bellavista-Chinandega (Nicaragua). En estas áreas también habrá una mayor intensidad de lluvias en postrera en los años de mayor precipitación.

Ni en primera ni postrera se prevé que vaya a complicarse la floración y el cuajado del grano por reducción de las precipitaciones. Sin embargo si habrá una mayor intensidad de lluvias en los años con mayor precipitación en las áreas limítrofes de Nicaragua con Honduras y de Honduras con El Salvador.

### c) Fase cosecha y postcosecha

En esta fase se han identificado dos aspectos críticos:

- la viabilidad de la cosecha tras la dobla del maíz (actividad frecuente en la zona en la época de postrera) en la etapa previa a la cosecha
- las pérdidas por exceso de humedad en las etapas de cosecha y post-cosecha .

Los indicadores utilizados son los siguientes:

**Indicadores de condiciones de cosecha del maíz:**

Cuando se dobla el maíz en postrera. Exceso de humedad tras la dobla maíz:

**ICCM1:** Precipitación acumulada (mm) en el periodo 80-110 DDSPos dividido entre 150 mm (es más desfavorable cuanto mayor de 1 sea este cociente, es más favorable cuanto menor de 1 sea el cociente)

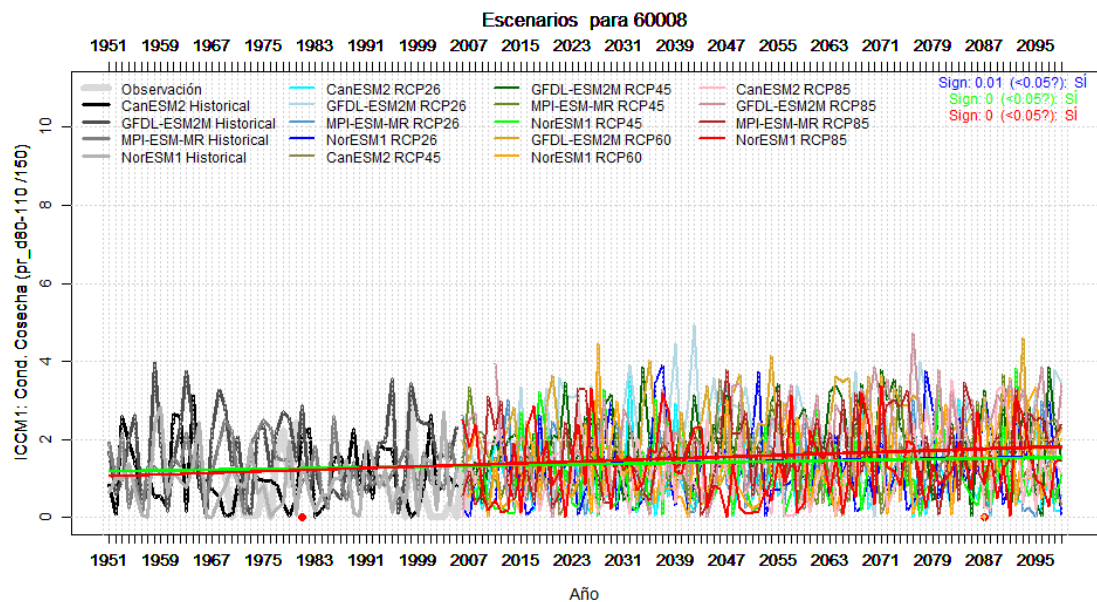
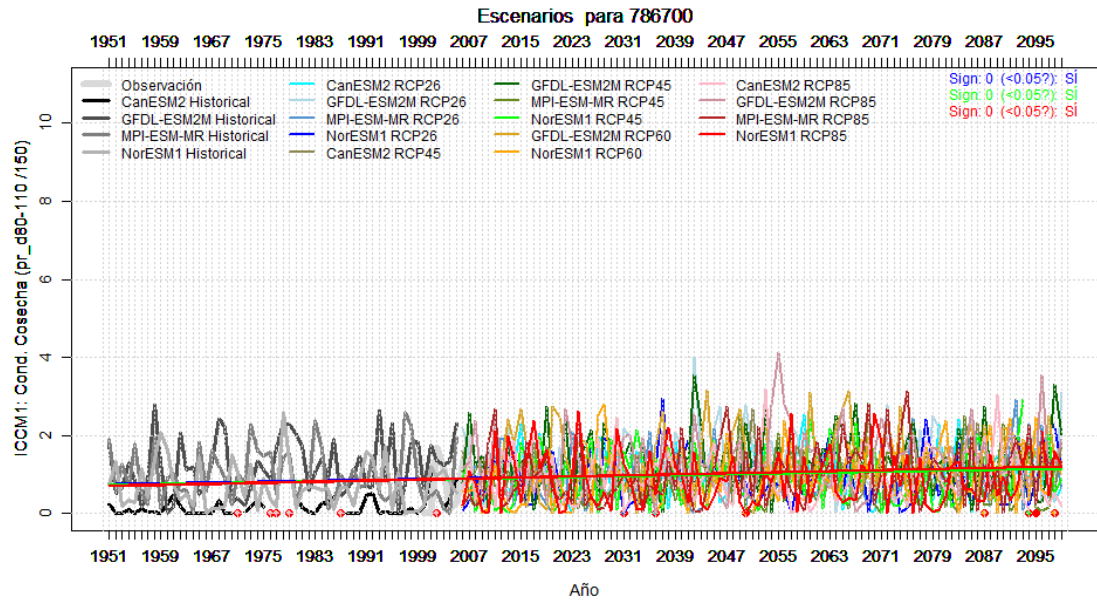
Cuando el maíz no se dobla en primera y en postrera. Exceso de humedad para tapizar y almacenar el maíz (<18-20% humedad):

**ICCM2:** Precipitación acumulada (mm) entre los 100-130 DDSPos dividido entre 150mm (es más desfavorable cuanto mayor de 1 sea este cociente, es más favorable cuanto menor de 1 sea el cociente)

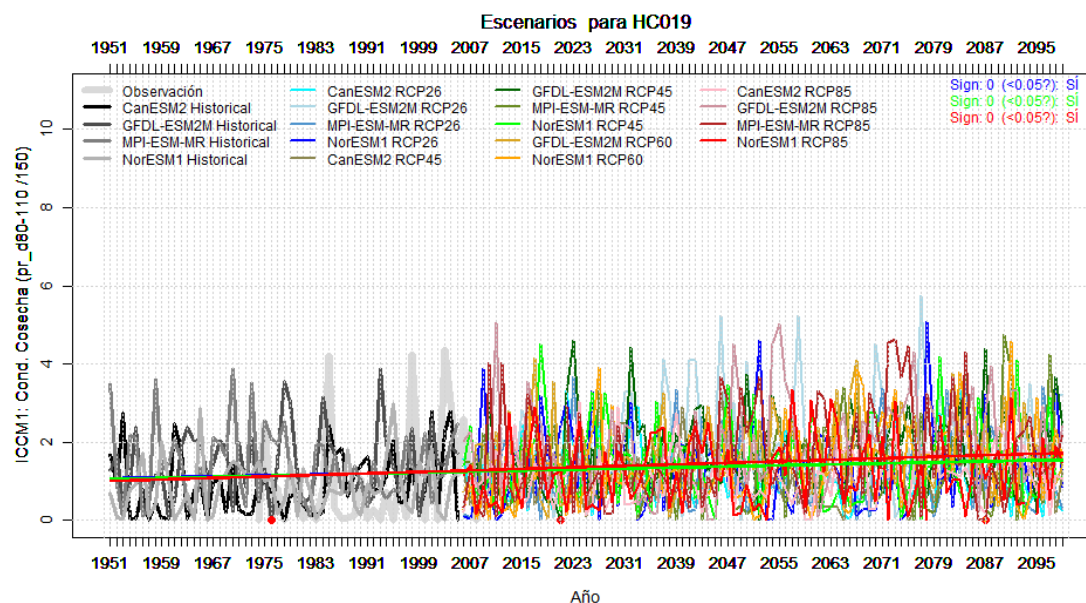
En postrera la dobla se produce aproximadamente a los 85-90 días de la siembra, y su finalidad es reducir la humedad de la mazorca, preparándola para la cosecha. Si en ese momento las precipitaciones son altas, no se produce este secado y la mazorca se hace más susceptible a plagas y enfermedades. Además, esto provoca un retraso en la fecha de cosecha, con las posibles consecuencias de que se pudra el grano. Por otro lado, las lluvias intensas complican la entrada de maquinaria y mano de obra al campo para cosechar.

## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca

En general las precipitaciones en este periodo son cercanas a los 150mm. La tendencia en todas las áreas del Golfo de Fonseca es clara hacia un incremento sustancial y significativo de las precipitaciones en este periodo. A modo de ejemplo de esas tendencias en las gráficas siguientes se detallan los casos de San Salvador, Marcovia (Honduras) y Villanueva (Nicaragua).

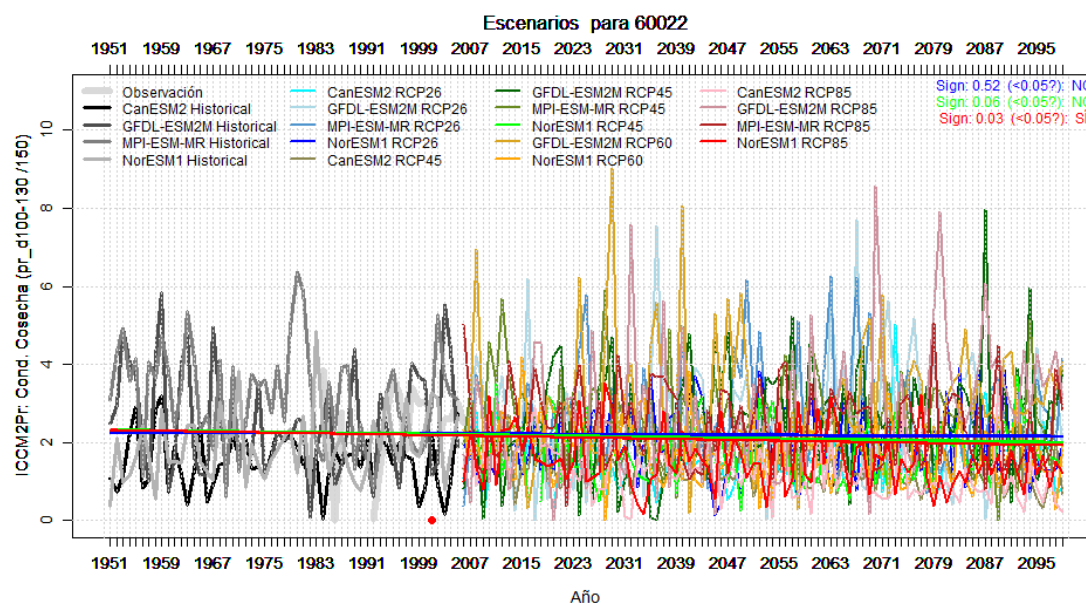


## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca



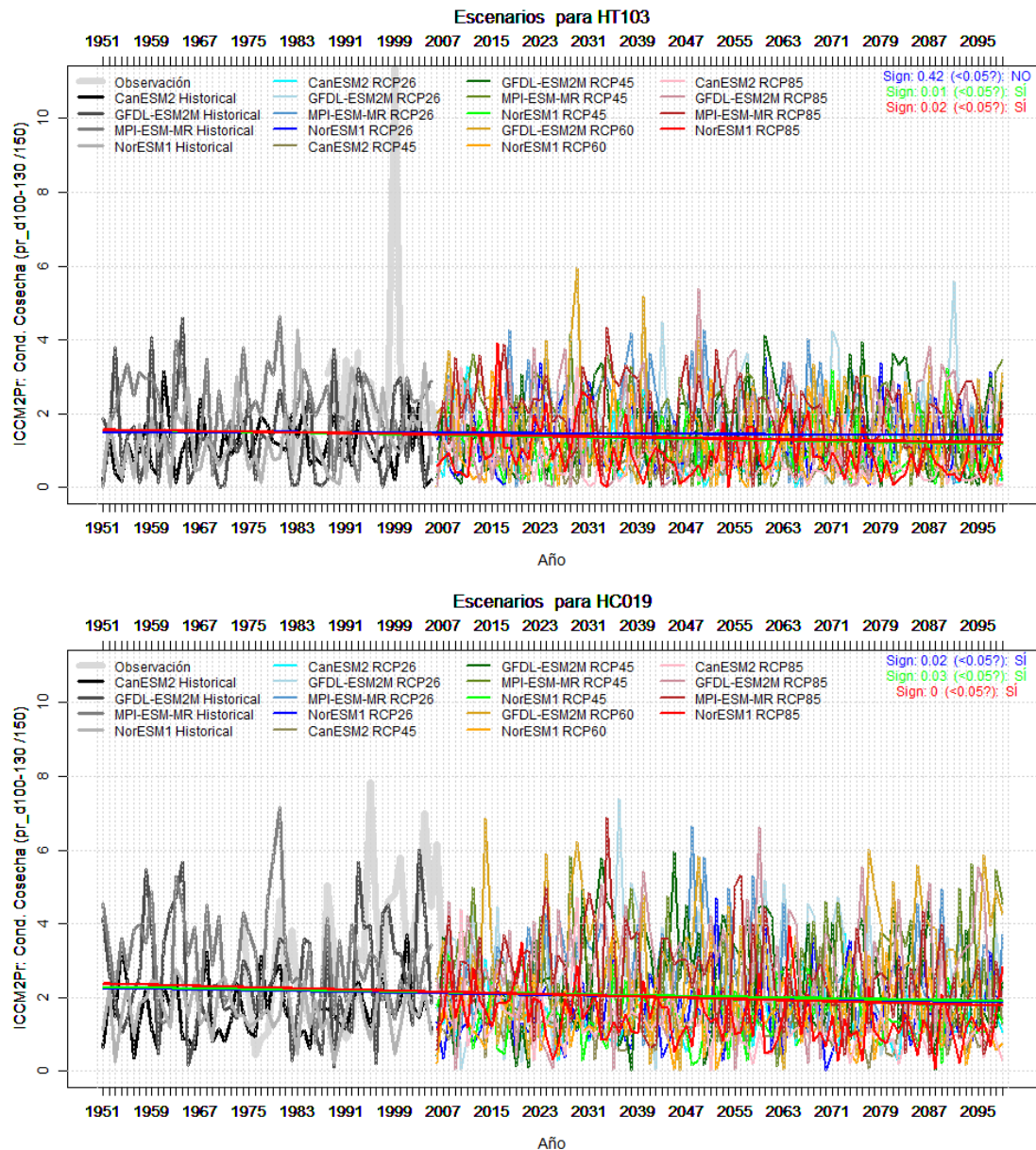
Cuando el maíz se produce en primera (no hay doblez) y en postrera no se realiza la dobla, aplicamos el segundo indicador, dirigido a conocer si la mazorca se cosecha en condiciones adecuadas de humedad y también las condiciones de post-cosecha. En caso de maíz para autoconsumo, el clima afecta al almacenaje post-cosecha, ya que es necesario reducir la humedad del grano del 40-50% con el que sale del campo al 12%. Si llueve más de 10 días no se puede sacar el grano al sol, y se vuelve más susceptible a plagas y enfermedades, lo que puede originar pérdidas totales de la cosecha.

En primera, este indicador refleja que se mantendrán las lluvias en un buen número de estaciones, pero se reducirán también en algunas de ellas, en particular las condiciones mejorarán para la cosecha y secado del maíz en Villanueva (60008), Bellavista-Chinandega (60022), Triunfo (HT103), Namasigüe (HC063), Marcovia (HC019), Nacaome (HN013) y en las zonas limítrofes entre Honduras y El Salvador (Goascorán-HG004). Tan solo en una de ellas en Corinto (64034) esta previsto un incremento de las lluvias en esta fase del cultivo. Las tendencias se observan en las gráficas siguientes:



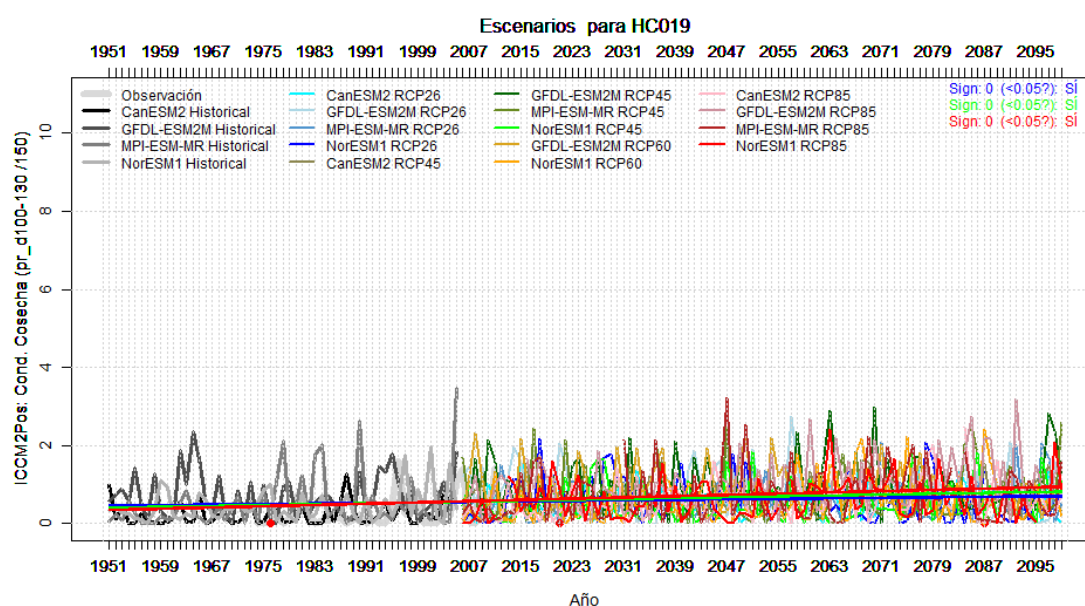
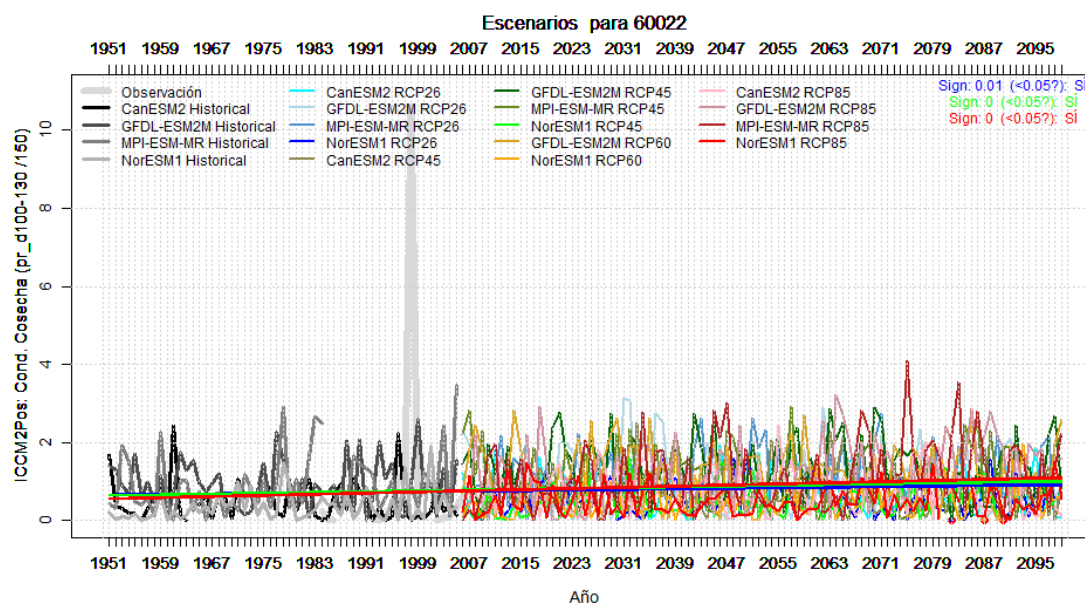


## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca



Por el contrario en postrera, aunque los volúmenes de precipitación son mucho menores, los escenarios muestran un incremento generalizado de la precipitación en el momento de la cosecha y secado del maíz. Este aspecto coincide con el retraso previsto en el fin de la época de postrera que adelantamos en el apartado anterior. Algunos ejemplos de esta tendencia generalizada son las siguientes gráficas para Bellavista en Chinandega (60022) y Marcovia (HC019) en Honduras.

## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca



Los escenarios predicen una mejora de las condiciones de cosecha y secado del maíz en primera por reducción de las precipitaciones. Sin embargo, en postrera la predicción es contraria, con un aumento en la tendencia de la cantidad de precipitación acumulada en el momento de la dobla del 20 al 30% a mediados de siglo. También se observan picos más altos en los gráficos a medida que avanza el siglo, lo que significa que se van a incrementar notablemente los años con condiciones más extremas con valores de precipitación superiores a 200 mm en 30 días. Cada vez las precipitaciones en esta época serán más intensas y será más complicado el proceso de secado tras la dobla.

Las condiciones de cosecha y secado en postrera (en el caso de que no haya dobla) también tienden a complicarse por un incremento de las precipitaciones en el rango de los 100 a 130 días después de la siembra de postrera.

Esto puede tener implicaciones en el incremento de plagas y enfermedades en la mazorca y pudrición de grano en la cosecha de postrera.

## 4.2 MAICILLO

### a) Fase de siembra y emergencia

Al igual que para el maíz, esta es una de las fases más críticas para el maicillo, y por ello se consideran indicadores que orienten sobre las fechas de siembra efectiva y la escasez o exceso de humedad en la emergencia. Los indicadores utilizados son iguales a los del maíz de primera para esta misma fase, excepto para el indicador de escasez en el que el divisor es 20mm en lugar de 40mm, dado que el maicillo es capaz de soportar mejor los déficits hídricos.

**Indicador de siembra (ISMP<sub>r</sub>):** Primer día a partir del 1 de abril en el que llueva menos de 5mm en 3 días, en que los 4 anteriores llueve más de 20mm y en los 10 posteriores llueve más de 20mm

**Indicador de condiciones de emergencia por escasez de agua (IEscESor)<sup>2</sup>:** "Precipitación acumulada (mm) en el periodo 1-25 días de la siembra dividido entre 20 mm

**Indicador de condiciones de emergencia por exceso de agua (IExE):** "Precipitación acumulada (mm) entre el día 1 y 25 de la siembra dividido entre 150 mm

Los resultados obtenidos no difieren mucho de los del maíz en primera. Por lo tanto, se prevé un adelanto de la fecha de siembra efectiva y el mantenimiento de las condiciones de humedad actuales, pues no se prevé que las precipitaciones vayan a cambiar en este periodo y que no van a generar mayor escasez ni mayor exceso.

### b) Fase de floración y maduración

En esta fase se han identificado dos aspectos críticos:

- Precipitaciones abundantes que interfieran en la floración
- Umbrales de temperatura en los que no se dan las condiciones óptimas para el cuajado y maduración del maicillo. Para un buen crecimiento, la mayoría de variedades requieren temperaturas inferiores a 35°C y superiores a 21°C. El maicillo es muy sensible a las bajas temperaturas.
- 

Para ello se han considerado los siguientes indicadores:

**IFMa:** Índice de temporal en floración. Precipitación máxima acumulada (mm) en 7 días consecutivos entre el día 61 y el 90 desde el inicio de la siembra dividido entre 300mm (es más desfavorable cuanto mayor de 1 sea este cociente -condiciones de temporal-, es más favorable cuanto menor de 1 sea el cociente)

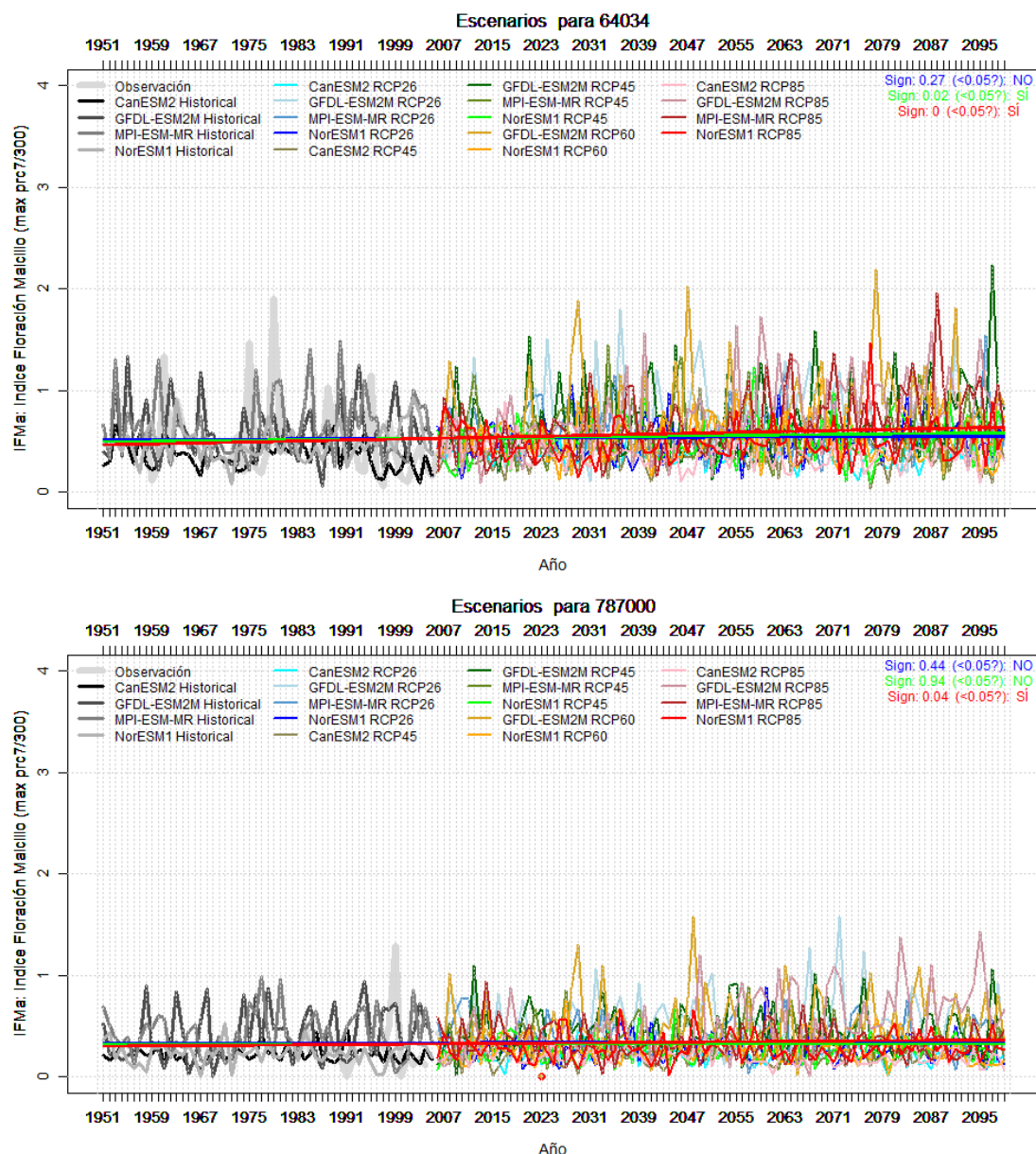
**ICCult1:** Número de días con T<sup>a</sup> máxima superior a 35°C entre los 65 y 120 días desde el inicio de la siembra

**ICCult2:** Número de días con T<sup>a</sup> mínima inferior a 21°C entre los 65 y 120 días desde el inicio de la siembra

Las gráficas obtenidas para analizar el exceso de lluvias en floración indican que difícilmente se van a alcanzar condiciones de temporal (300mm en 7 días). Las tendencias muestran una reducción de las precipitaciones intensas en este periodo, por lo que las lluvias intensas en floración no van a ser un factor limitante a futuro para el desarrollo del maicillo. Sin embargo en dos zonas, Amapala (787000) en Honduras y Corinto (64034) en Nicaragua, el comportamiento es contrario, con un incremento en las condiciones de temporal.

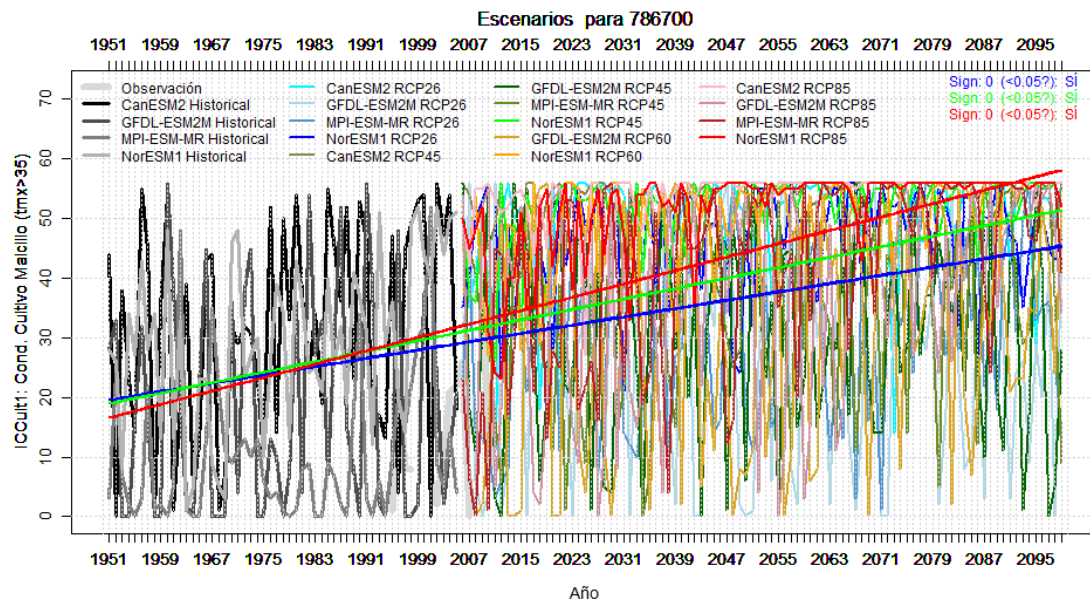
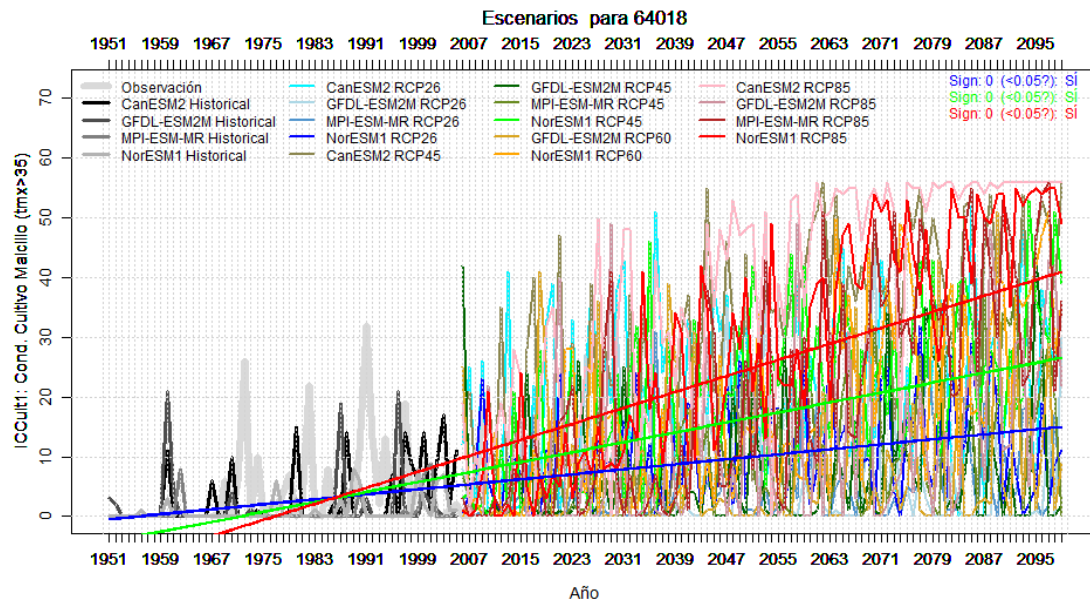
<sup>2</sup> Los períodos de mayor necesidad son al inicio de la formación del primordio floral, 20-30 días después de siembra. La escasez de agua al inicio de la diferenciación floral resulta en una reducción del crecimiento de la panoja y las hojas; así como en el número de semillas por panoja y además un retraso en la iniciación de la panoja y floración. El sorgo requiere 25 milímetros de lluvia para una buena producción, después de la siembra.

## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca

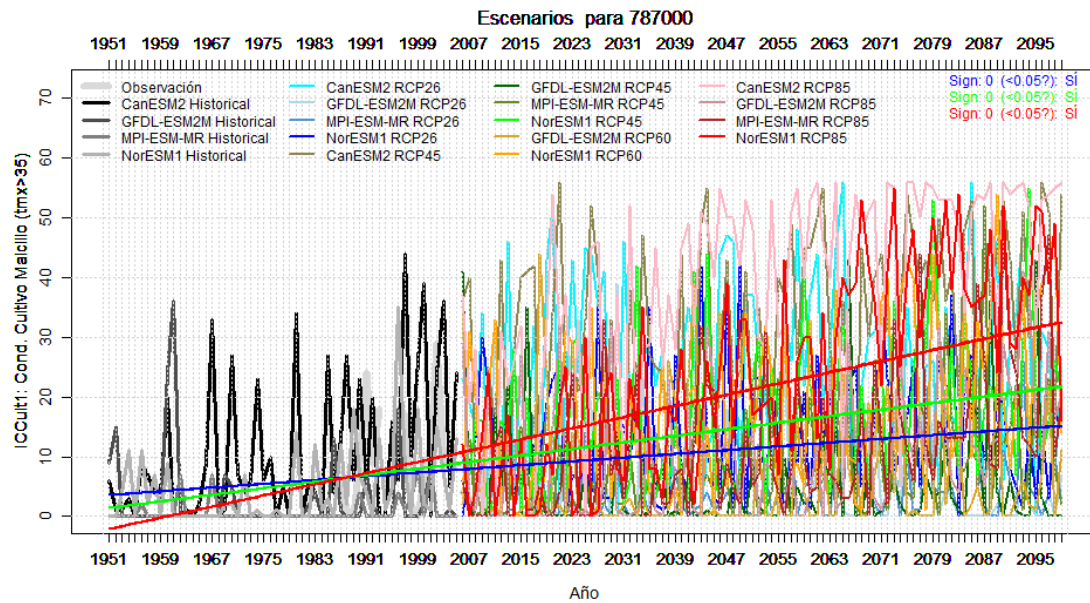


En cuanto a temperatura máxima se prevé un incremento general significativo y relevante en todo el Golfo de Fonseca, representado por gráficas que plantean un incremento en el número de días con temperaturas superiores a 35° que va a pasar de los 10 días actuales a 20-25 días a mediados de siglo en las RCPs medias para los escenarios de Chinandega (64018), Corinto (64035) y Amapala (787000). En el caso de San Salvador (786700) pasan de los 28-30 días actuales a los 40-42 para mediados de siglo.

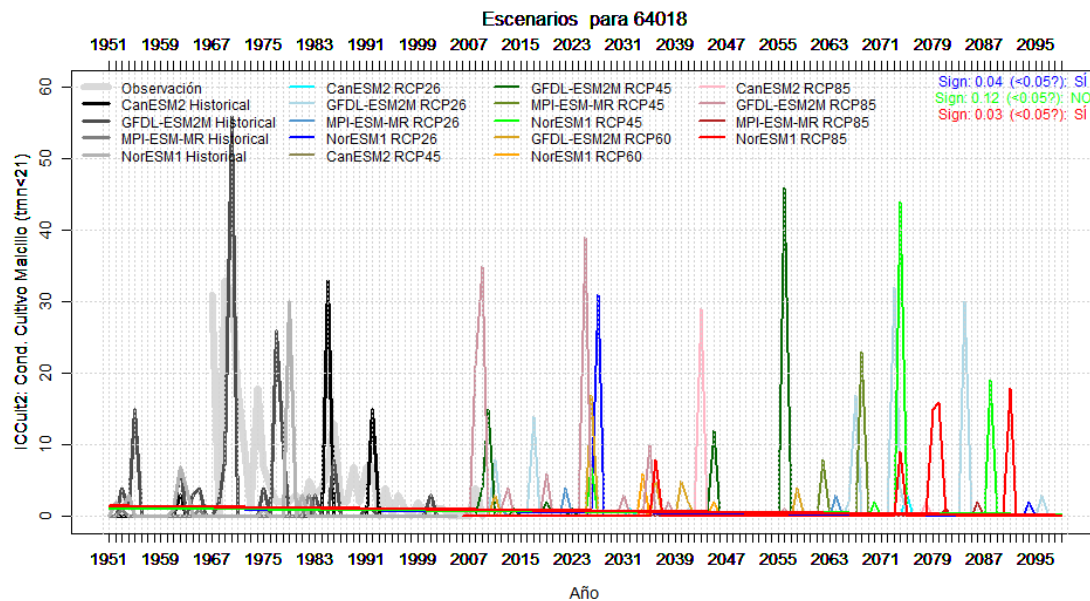
## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca



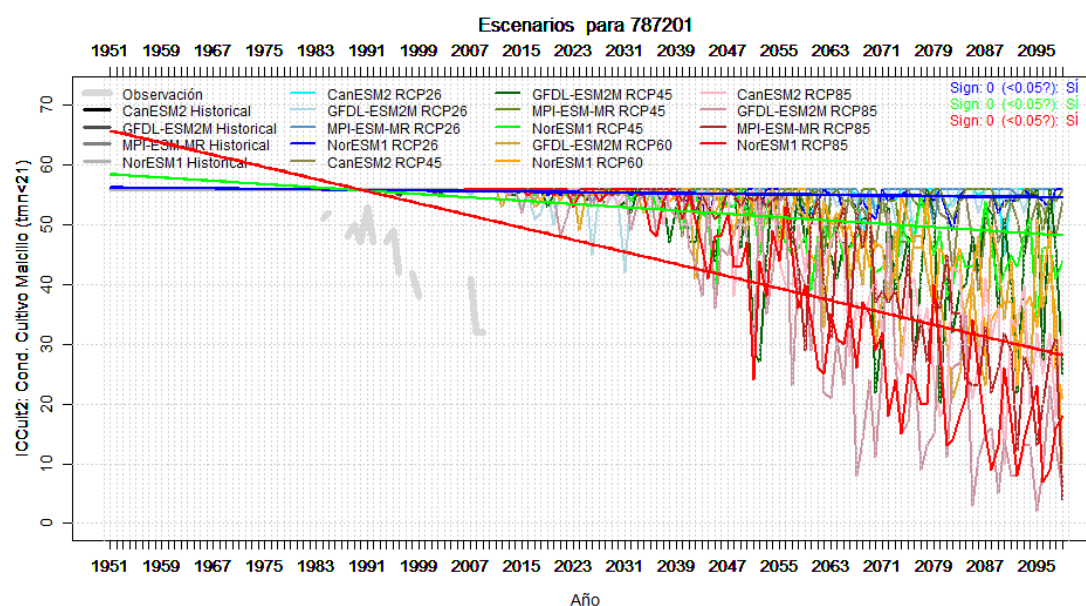
## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca



Los escenarios que representan temperaturas mínimas revelan que se producirá una reducción significativa del número de días con temperaturas nocturnas por debajo de los 21°C. Las gráficas muestran los casos de Chinandega y Tegucigalpa. Este último caso nos puede orientar sobre la reducción de temperaturas en zonas elevadas del Golfo como Pespire que muestra una reducción de los 50 a los 35 días con temperaturas por debajo de 21 grados en el escenario más pesimista (RCP085).



## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca



Los resultados obtenidos muestran que la fase de floración y maduración en maicillo no va a encontrar problemas importantes por incremento en la intensidad de las lluvias. Van a mejorar las condiciones para el cultivo del maicillo en el Golfo por el incremento de las temperaturas mínimas nocturnas, pero van a empeorar por el aumento del número de días con temperaturas elevadas y por lo tanto los golpes de calor.

### c) Cosecha y post-cosecha

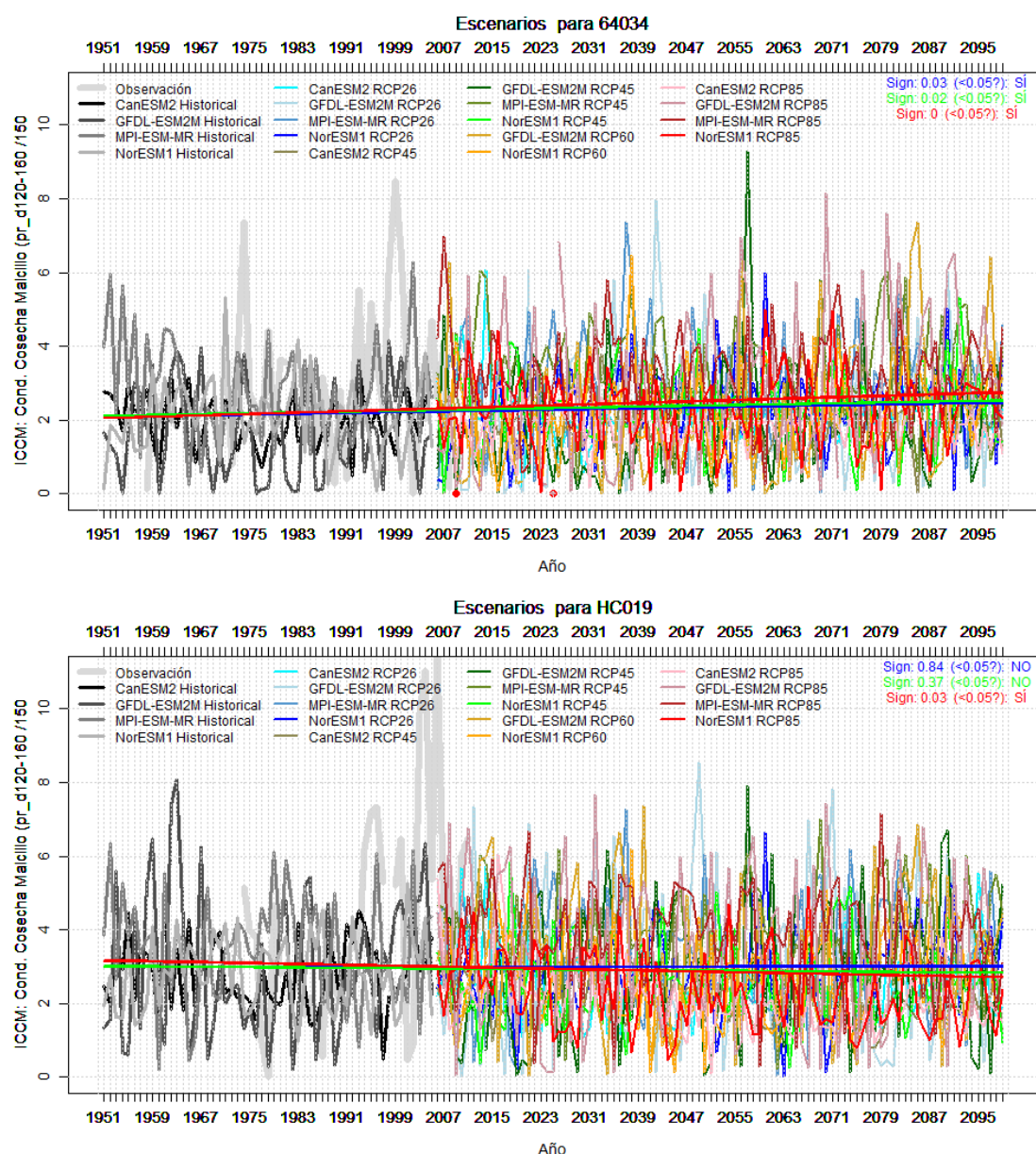
Al igual que con el maíz, el aspecto crítico en esta fase está relacionado con las pérdidas por exceso de humedad en el momento de la cosecha y el secado.

El indicador utilizado es similar al del maíz pero adaptado al ciclo del maicillo.

**ICCM1:** Precipitación acumulada (mm) entre los 120 - 160 días del inicio de la siembra dividido entre 150mm (es más desfavorable cuanto mayor de 1 sea este cociente, es más favorable cuanto menor de 1 sea el cociente)

En prácticamente todas las áreas llueve más de 150mm en los 40 días considerados, alcanzándose con normalidad los 300mm. No se dan tendencias significativas en ninguna de las zonas del Golfo, por lo que la situación se mantendrá en las mismas condiciones actuales. Tan solo se dan excepciones en Corinto (64034) en Nicaragua donde la tendencia es a incrementar las lluvias en periodo de cosecha y en Marcovia (HC019) en Honduras, donde la tendencia es a reducir las lluvias en este mismo periodo.

## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca



Las cosechas de maicillo en el Golfo de Fonseca seguirán enfrentando situaciones de humedad similares, por lo que continuarán dándose problemas relacionados con el secado del grano. En áreas como Corinto en Nicaragua las dificultades de post-cosecha serán mayores por el aumento significativo de las lluvias, mientras que en Marcovia en Honduras mejorarán las condiciones para la cosecha y postcosecha de este cereal.

### 4.3 FRIJOL DE POSTRERA

Para el análisis del frijol, además de las fases en las que se ha descompuesto el sistema productivo, se incluye un primer apartado de análisis del ciclo del frijol completo, para poder evaluar la viabilidad del cultivo en todo su ciclo, porque este exige unas condiciones de temperatura y precipitación determinadas para que sea viable.

#### a) Ciclo del cultivo completo

En esta fase se han identificado dos elementos críticos:



## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca

1. umbral de precipitación mínima
2. umbral de temperatura mínima

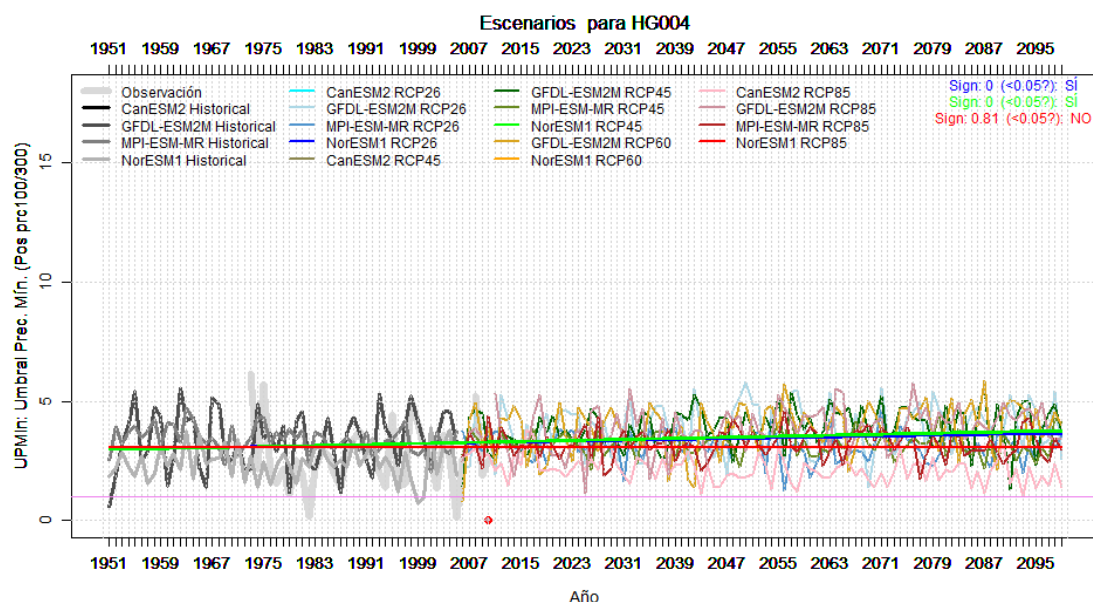
### 1. Umbral de precipitación mínima

El cultivo del frijol requiere un mínimo de precipitación acumulada durante todo el ciclo productivo para que sea viable, que se estima en 300 mm. El indicador formulado para el análisis de este umbral ha sido:

**Indicador de condiciones mínimas de precipitación para el frijol (UPMin):** "Precipitación acumulada en los 100 días siguientes al inicio de la siembra dividido entre 300 mm

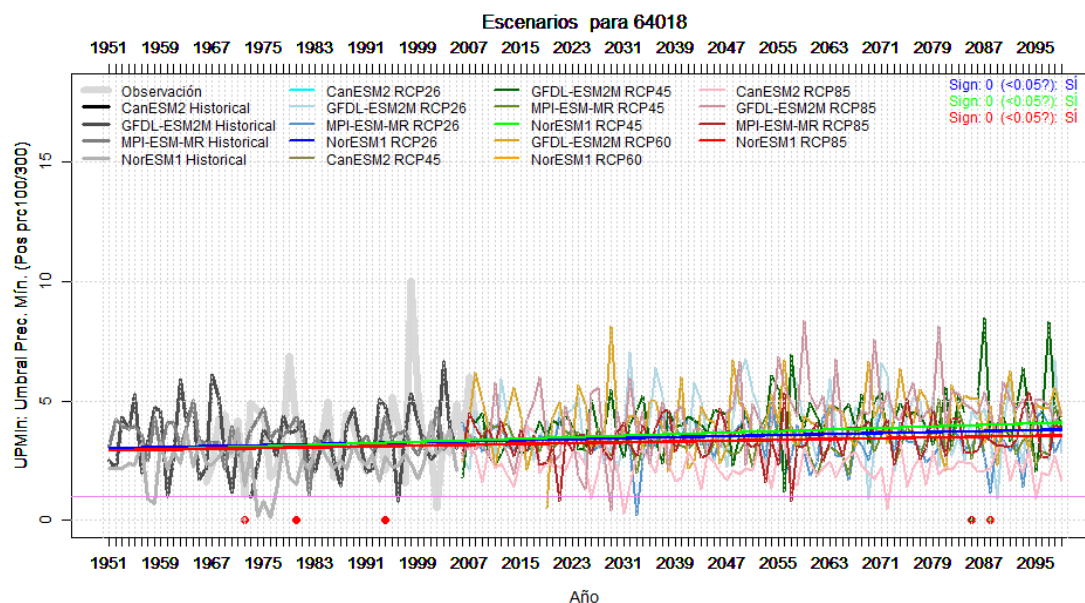
Si el cociente es menor que 1 significa que en el periodo de desarrollo de la planta no ha llovido los 300 mm requeridos, lo que significa que la planta no tendrá las condiciones de humedad necesaria para desarrollarse adecuadamente (muchos factores influyen en estas condiciones de humedad, pero el estudio se ha ceñido a analizar la precipitación).

En general la tendencia es a que haya un incremento de la precipitación actual (normalmente mayor que 300mm) en los escenarios más optimistas (026 y 045). En el caso de los escenarios más pesimistas, por el contrario, no se prevé ninguna variación en la tendencia. Véase como ejemplo el caso de Goascorán (HG004) en Honduras (gráfico ..)



El indicador muestra una tendencia a aumentar las precipitaciones en todas las localizaciones analizadas. Los incrementos de tendencia más importantes se dan en el Norte de Nicaragua, concretamente en Chinandega (64018) y en Villanueva (60008), superando e incluso duplicando los 300 mm de lluvia. En general se alcanzan y superan los 300mm en todas las zonas analizadas, por lo que se reúnen las condiciones de precipitación y humedad necesarias para el desarrollo de este cultivo.

## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca



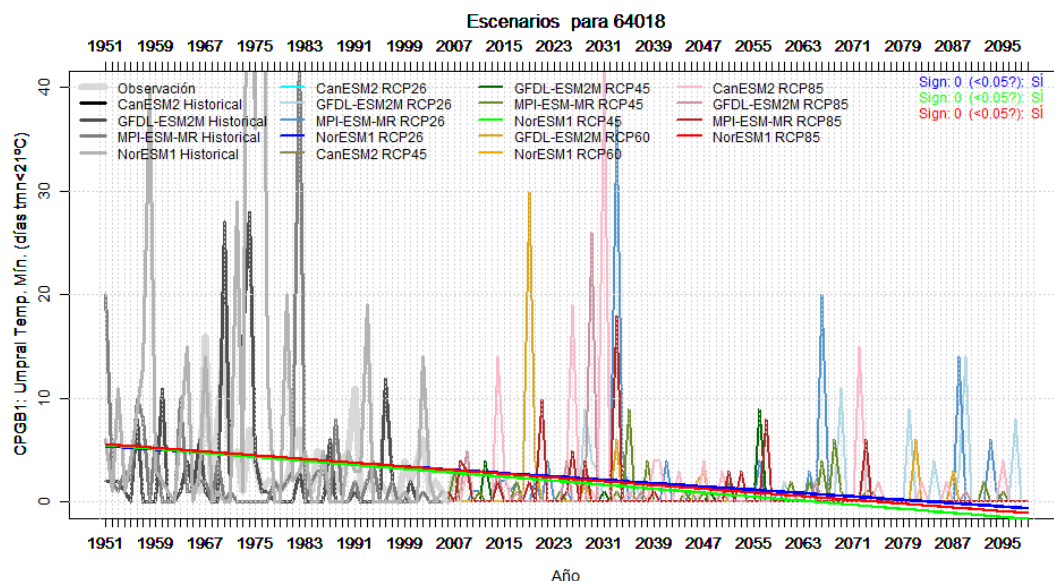
### 2. Umbral de temperatura mínima

La planta de frijol es muy sensible a las bajas temperaturas, sobre todo si vienen acompañadas de humedad. Por tanto, si la temperatura baja de los 21° unos 8 días seguidos, dependiendo del momento en el que suceda este evento, la semilla no germina, el cultivo no se desarrolla, se genera menor cantidad de flores, hay menor y peor formación y llenado de vainas por falta de fotoperiodo, aumenta el ataque de enfermedades y plagas, etc. En consecuencia, bajan los rendimientos. El indicador correspondiente verificado y analizado es:

**Indicador de condiciones mínimas de temperatura (UTMin):** Máximo número de días consecutivos en los que la temperatura mínima diaria es menor de 21°C en los 90 días siguientes al inicio de la

La

evolución prevista del indicador muestra un descenso muy importante de los días en que la temperatura va a estar por debajo de los 21°C en los meses de cultivo de frijol en el área de estudio (véase por ejemplo el gráfico siguiente para Chinandega, pero para las demás ubicaciones la tendencia es similar). Esto quiere decir que las condiciones van a ser más apropiadas para este cultivo en el Golfo de Fonseca puesto que cada vez va a tener que enfrentar con menor frecuencia este limitante.



## **b) Fase de siembra y emergencia**

En esta fase se han identificado como aspecto crítico el inicio de la siembra de postrera, pues al ser un cultivo de ciclo corto, necesita que las condiciones climáticas se produzcan en el momento preciso para que el desarrollo de la planta se lleve a cabo adecuadamente. El indicador correspondiente sería el mismo utilizado para las siembras de maíz de postrera y las conclusiones a las que se llegó con ese indicador para maíz son válidas también para definir que ocurre con las fechas de siembra del frijol.

Es decir, se mantendrán en término medio las fechas de siembra efectiva de frijol en postrera y habrá un incremento de la variabilidad entre los años, de manera que cada vez habrá más incertidumbre sobre la fecha de entrada de la postrera.

## **c) Fase de floración y maduración**

En esta fase se ha identificado un elemento crítico relacionado con la importancia que puede tener el exceso de precipitación para la floración y la formación /maduración del frijol:

### Umbral de precipitación máxima para la floración y formación del frijol

Entre los días 35 a 40 de la siembra se da la floración y el control de malezas, y en ese momento el exceso de agua puede tener implicaciones en el desarrollo del cultivo, tanto por menor cuajado de grano por afectación de la floración, como por la mayor competencia de malas hierbas (lo que reduciría el rendimiento) . El indicador definido para este elemento crítico sería:

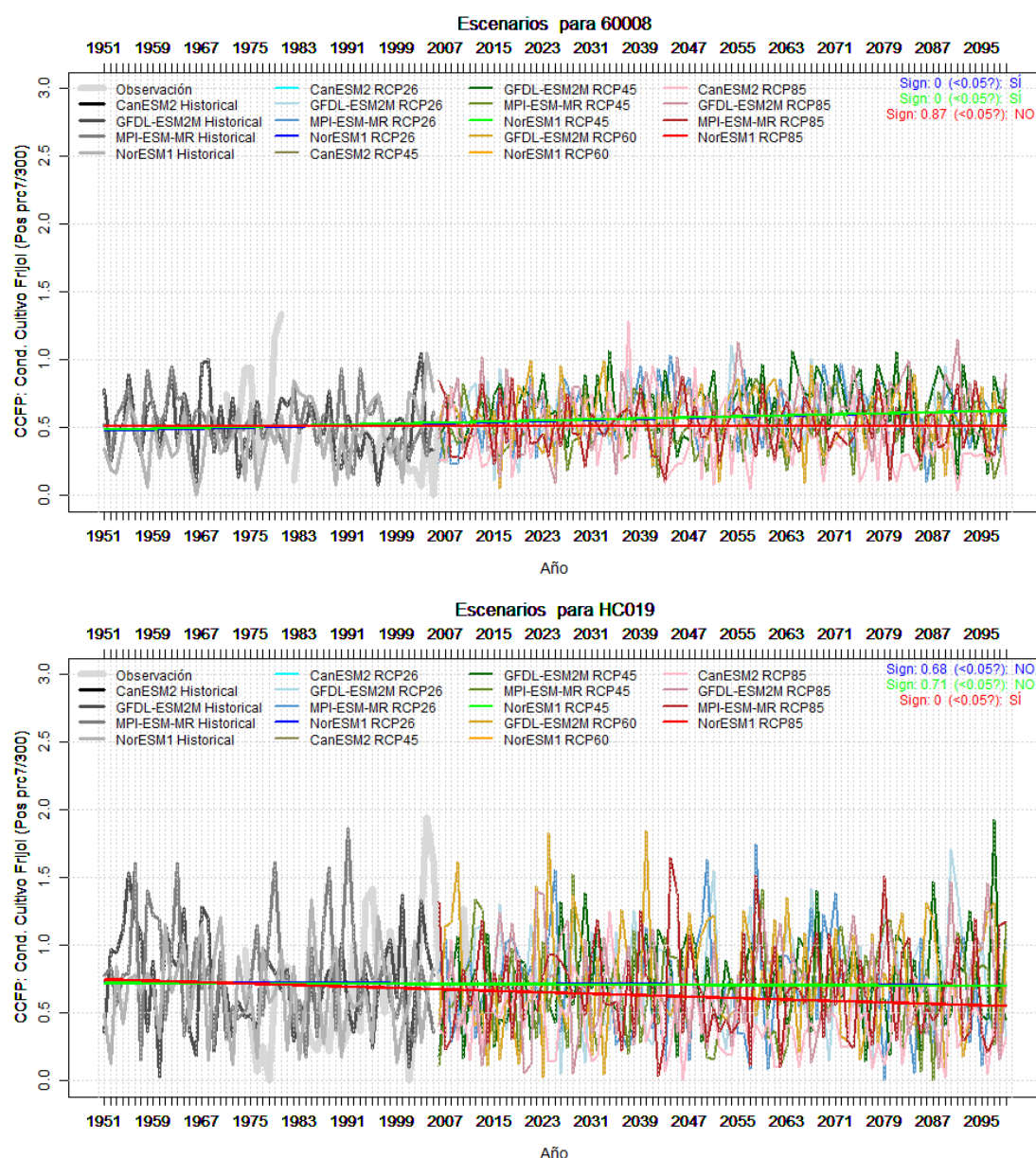
**CCFP: Indicador “condiciones de cultivo frijol-postrera”.** Dirigido a analizar cuajado de grano por afectación de la floración (ligado a rendimiento)

Índice de temporal. Máxima precipitación acumulada (mm) en 7 días consecutivos entre el día 30 y 45 del inicio de la SIEMBRA dividido entre 300 mm (es más desfavorable cuanto mayor de 1 sea este cociente -condiciones de temporal-, es más favorable cuanto menor de 1 sea el cociente).

Si el cociente es mayor que 1 significa que en el periodo de floración y formación de frutos de la planta llueve más de 300mm en 7 días, lo que podría tener consecuencias adversas para la floración y nutrición del frijol.

La máxima de precipitación acumulada en 7 días dentro del este periodo de floración esta entorno a los 150mm. Los escenarios predicen un incremento de la precipitación en la época de floración y llenado de grano del frijol para las RCPs más optimistas y un mantenimiento de las lluvias para la RCP más pesimista (085 representado por una línea roja). Véase por ejemplo el caso de Villanueva en Nicaragua. Sin embargo, en otros casos se da una reducción de las lluvias intensas en el periodo de floración y llenado de grano en los escenarios más pesimistas(RCP085), este es el caso del área de Marcovia.

## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca



### d) Fase de cosecha y post-cosecha

En esta fase se ha identificado un elemento crítico, relativo a la viabilidad de la cosecha por condiciones de humedad. Se entiende que cuanto más lluvia más difícil será realizar la cosecha y el secado del frijol una vez cosechado. Los indicadores seleccionados están dirigidos a medir si contamos con al menos 12 días sin precipitación o con precipitación mínima que permita condiciones adecuadas para cosecha y secado. Un segundo indicador esta destinado a medir la cantidad de precipitación en poco tiempo, para evaluar la intensidad de la lluvia:

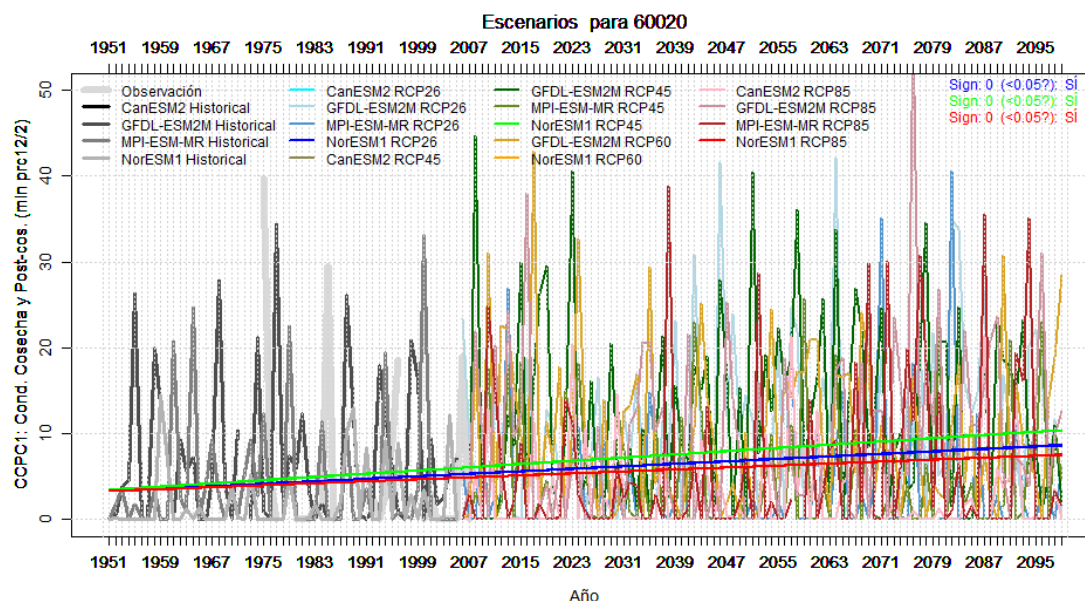
CCPC1: Índice veranillo. Mínima precipitación acumulada (mm) en 12 días consecutivos entre el día 60 y 90 del inicio de la siembra dividido entre 2 mm (es más desfavorable cuanto mayor de 1 sea este cociente, es más favorable cuanto menor de 1 sea el cociente –condiciones de veranillo-).

CCPC2: Índice de temporal. Máxima precipitación acumulada en 7 días consecutivos entre los 60 y 90 días desde el inicio de la siembra dividido entre 300mm (es más desfavorable cuanto mayor de 1 sea este cociente -condiciones de temporal-, es más favorable cuanto menor de 1 sea el cociente)

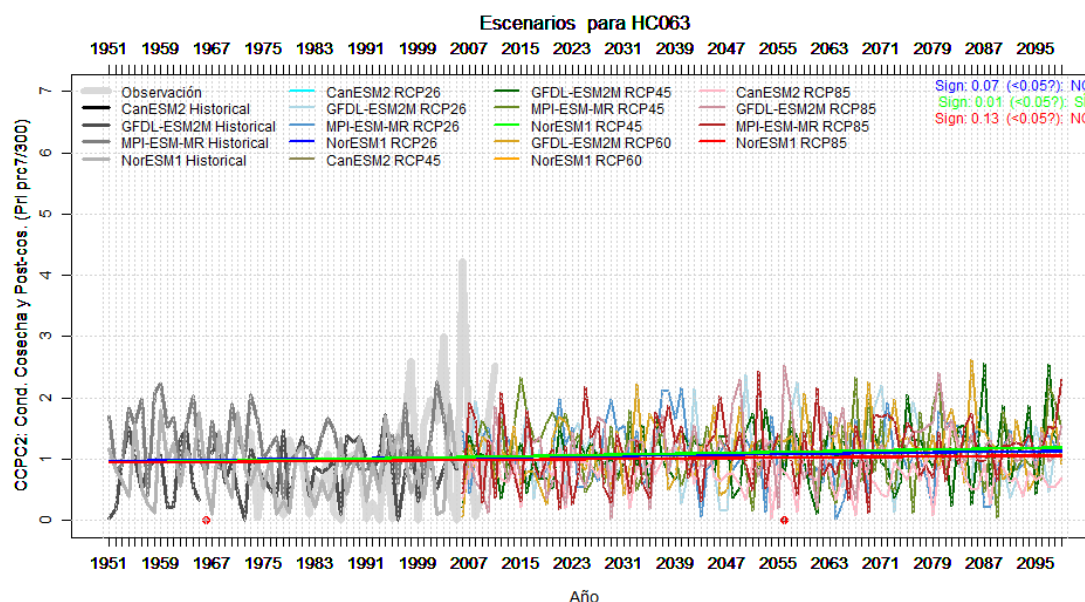
Para el CCPC1 la precipitación es mayor por lo que en general el índice supera el 1, e incluso alcanza el 3-4. Pero además hay una tendencia a empeorar las condiciones en casi todos los casos por exceso de

## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca

lluvia. Ver como ejemplo el caso de La Marias-Chinandega (60020). Sin embargo hay dos casos en que no hay tendencia de cambio alguna en las condiciones de post-cosecha de frijol, en San Lorenzo (HN008) y en Somotillo (58001).



Para el CCPC2 los escenarios muestran aumentos significativos de las precipitaciones intensas en época de cosecha. Esta situación puede dificultar la tarea de cosecha ya de por sí más complicada en dichas localizaciones. Aunque en casi todas las áreas del Golfo aumenta, tan solo se supera el valor 1, es decir los 300mm en 7 días, en Namasigüe (HC063) con tendencia a aumentar, por lo que los temporales en época de cosecha pueden afectar en el cultivo de frijol en las áreas de influencia de esta estación



### 5. EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE OLEAGINOSAS: AJONJOLÍ

En el análisis de elementos críticos del ajonjolí se ha tenido en cuenta las siembras solo en el inicio postrera (el de principal aporte económico y más extendido en área) y no las siembras del 25 de noviembre al 10 diciembre (apante) pues la incidencia de lluvias importantes y temperaturas altas en siembra de apante es reducida.

## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca

Las fases en las que se ha descompuesto el sistema de producción para identificar los elementos críticos en el ajonjolí han sido: siembra y emergencia, floración y maduración del grano, cosecha y post-cosecha.

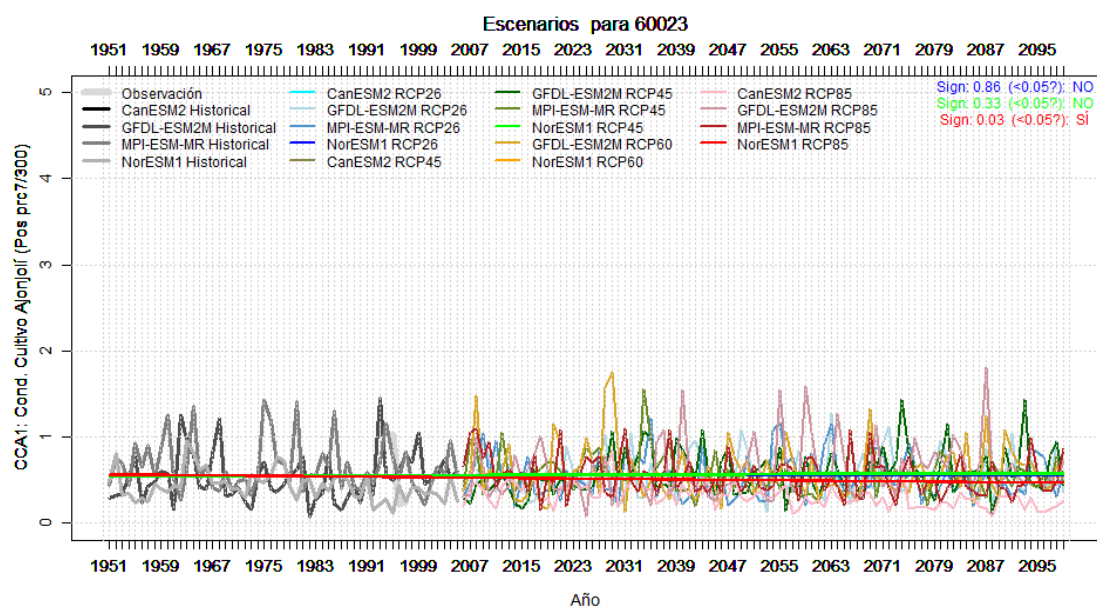
A continuación se analizan los principales elementos críticos y los indicadores aplicados para cada una de estas fases.

### a) Siembra y emergencia

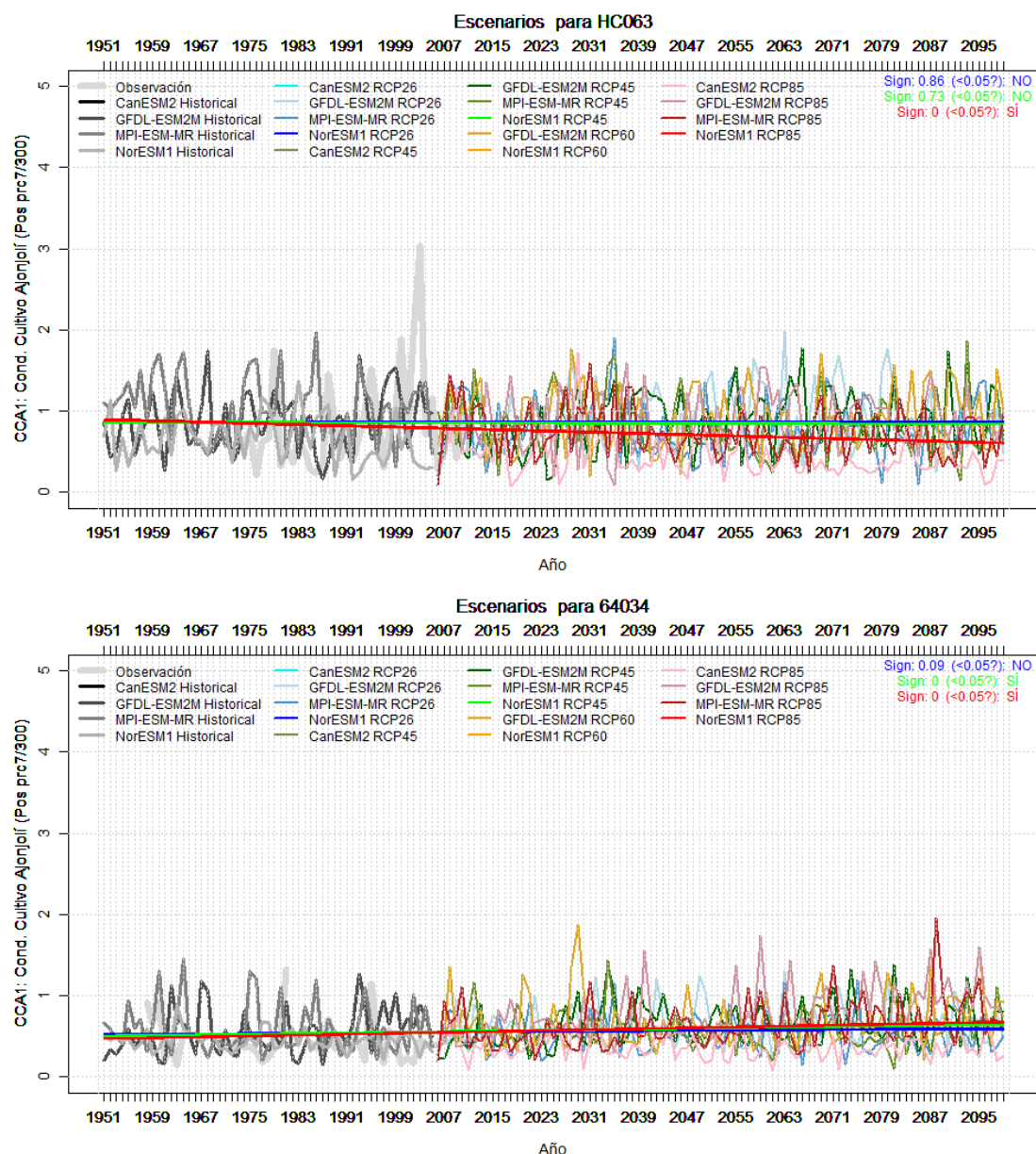
La siembra y emergencia del ajonjolí pueden verse comprometidos cuando hay un exceso de precipitación en las primeras lluvias de postrera (primeros 25 días), tanto por las implicaciones en el arrastre de las semillas por el agua como por la compactación de la tierra, que impide que el brote rompa el suelo para salir. El indicador utilizado para analizar las lluvias intensas en esta primera fase del cultivo es:

CCA1: Índice de temporal siembra. Máxima precipitación acumulada en 7 días consecutivos en los primeros 25 días desde el inicio de la postrera dividido entre 300mm (es más desfavorable cuanto mayor de 1 sea este cociente -condiciones de temporal-, es más favorable cuanto menor de 1 sea el cociente).

En general difícilmente se dan y se llegarán a dar precipitaciones con tanta intensidad en el inicio de la postrera por lo que el ajonjolí no se verá afectado. En la actualidad las máximas precipitaciones acumuladas en 7 días están en torno a los 150mm. En cuanto a las tendencias son muy dispares con reducciones en la precipitación en Puerto Morazán (60023), Choluteca (877240), Marcovia (HC019), Namasigüe (HC063) y Triunfo (HT103); y aumentos en la precipitación en Chinandega (64018), Somotillo (60009), El Viejo (64035 y 64034), Amapala (787000), Goascorán (HG004), Alianza (HG003) y San Salvador (786700).



## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca



### b) Floración y maduración del grano

Los momentos más críticos en esta fase están relacionados con dos aspectos:

- El calor en el momento de la aparición de los brotes florales que puede afectar al número de flores
- Las precipitaciones intensas en la floración y cuajado del grano.
- 

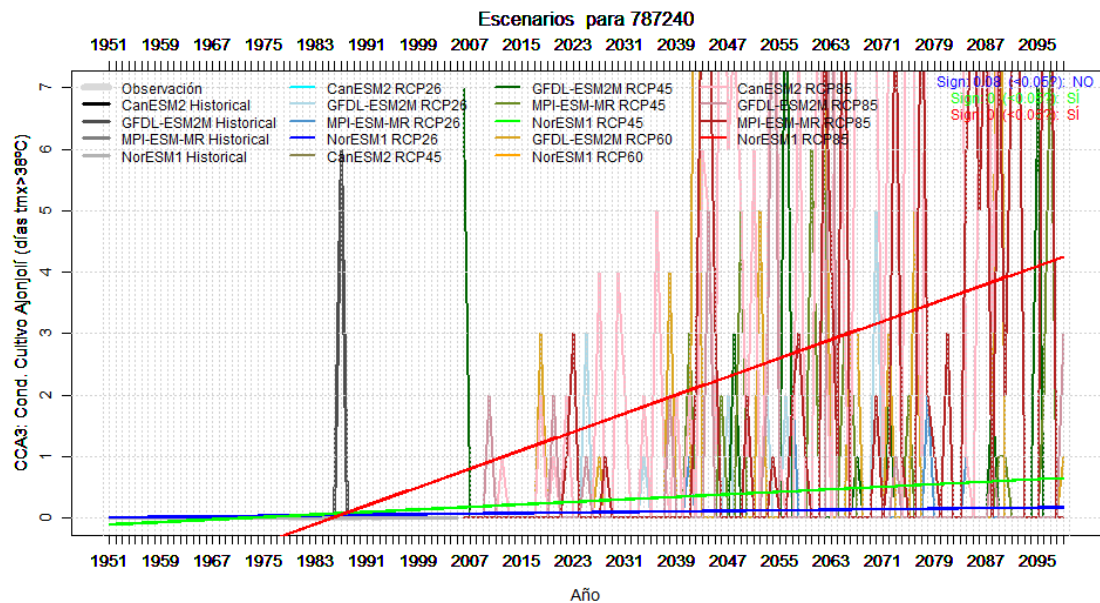
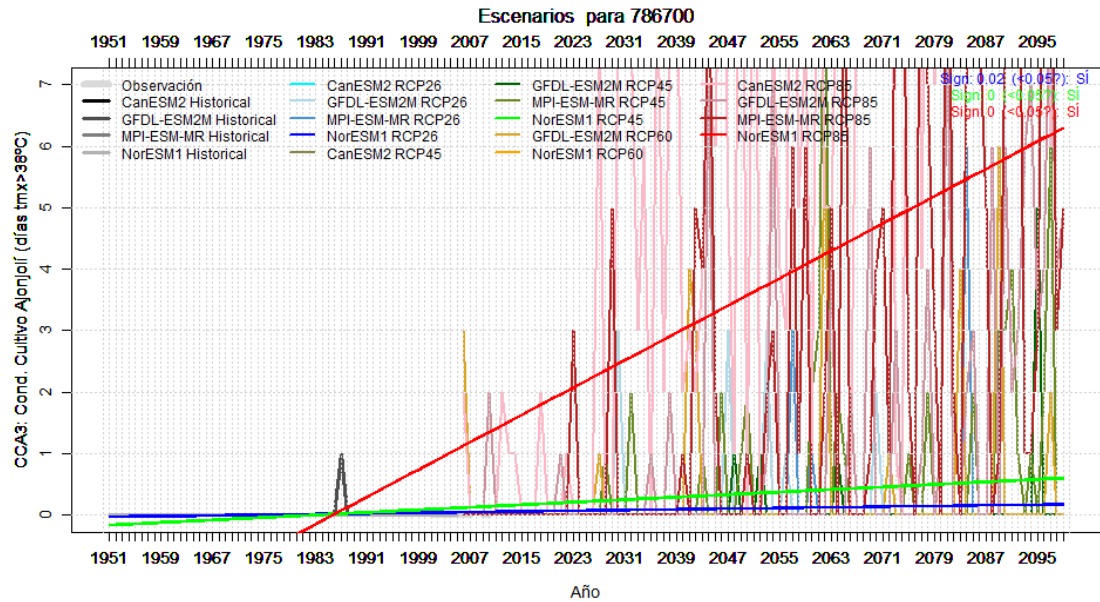
Los indicadores utilizados en esta fase para medir los efectos del cambio climático en estos aspectos más críticos han sido los siguientes:

**CCA3:** Número de días en que la temperatura máxima en el periodo 30-45 días (primeros brotes florales) desde el inicio de la postrera supera los 38° (efecto bochorno).

**CCA2:** Índice de temporal floración. Máxima precipitación acumulada en 7 días consecutivos entre los días 45 y 60 desde el inicio de la postrera dividido entre 300mm (es más desfavorable cuanto mayor de 1 sea este cociente -condiciones de temporal-, es más favorable cuanto menor de 1 sea el cociente).

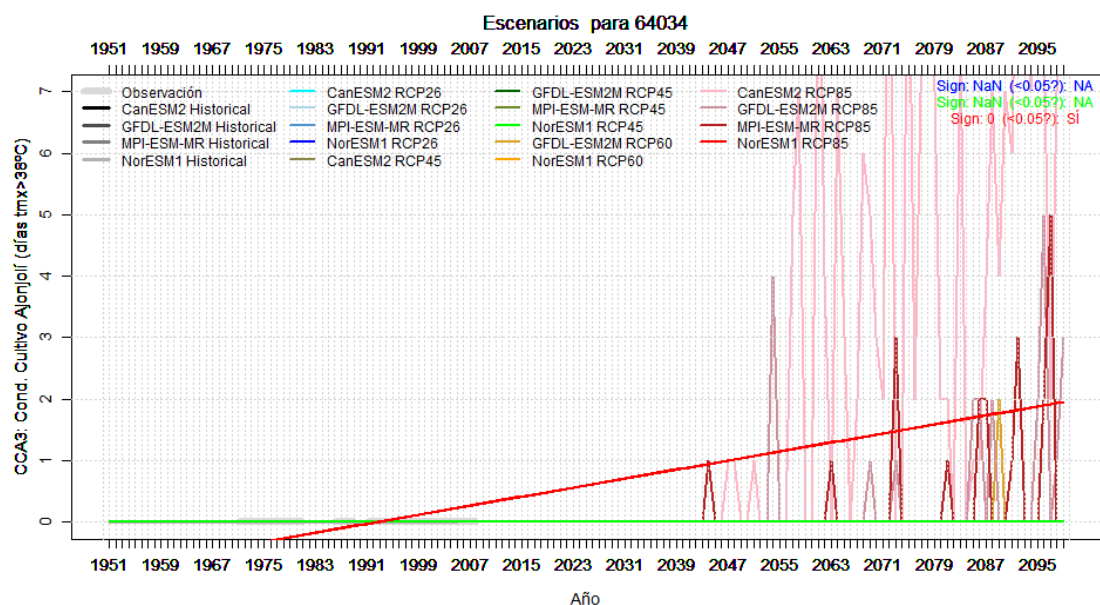
## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca

El efecto bochorno va a afectar cada vez en mayor medida al ajonjolí en las áreas de influencia de los observatorios de Choluteca (787240) y San Salvador (786700) que pasarán de 0-1 día en la actualidad a 3-4 días a mediados de siglo con temperaturas mayores de 38°C. En Corinto (64034), Chinandega y Amapala los cambios serán mucho menores pasando de 0 a 1 día con esas condiciones.

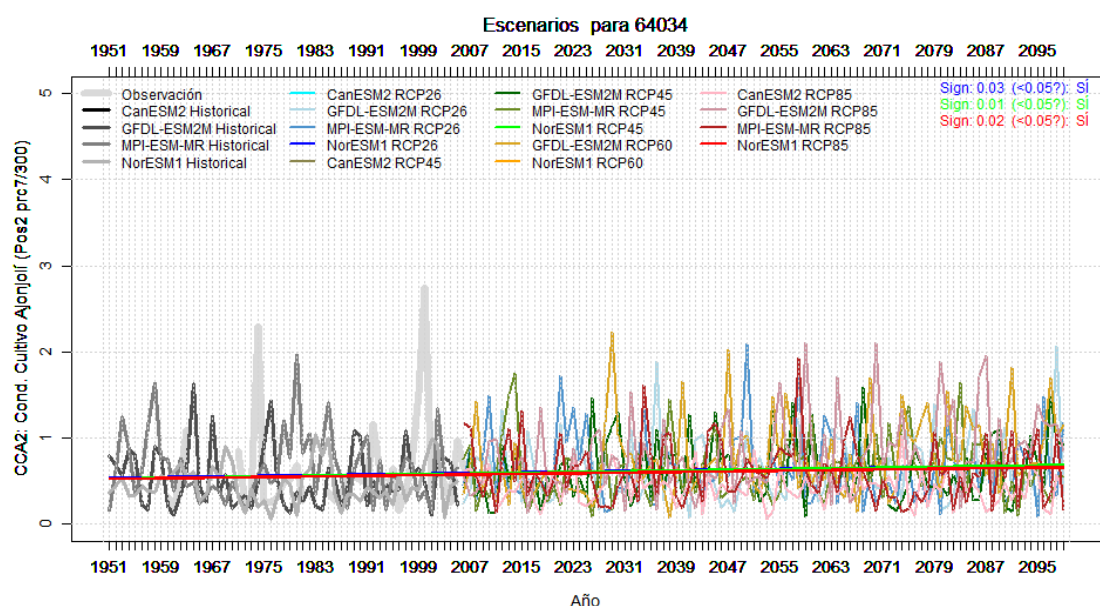




## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca



Las condiciones de temporal en floración no se prevé que se vayan a dar pues las precipitaciones más intensas en la zona están en torno a los 150-200mm (en función de los observatorios considerados). La tendencia a aumentar estas lluvias intensas se dará en muchas de las estaciones en los escenarios más optimistas, en cambio en el RCP085 la situación no prevé cambios en el futuro. Tan solo se prevén cambios significativos para todos los escenarios (RCPs) en el área de influencia de Corinto al Norte de Nicaragua.



### c) Cosecha y post-cosecha

Al ajonjolí le afecta el exceso de lluvias en periodo de cosecha y post-cosecha. En la cosecha que es a menudo manual se hacen manojos, que se secan durante unos días. Después de la cosecha se realiza la limpieza de las semillas de ajonjolí de hojas, tallos, y restos de cápsulas, mediante zarandas y aire. El secado suele ser al sol o sobre una plataforma plana y limpia de cemento, y debe lograr una humedad inferior al 6%. En lugares donde no se logra disminuir la humedad hasta el valor crítico de 6% mediante

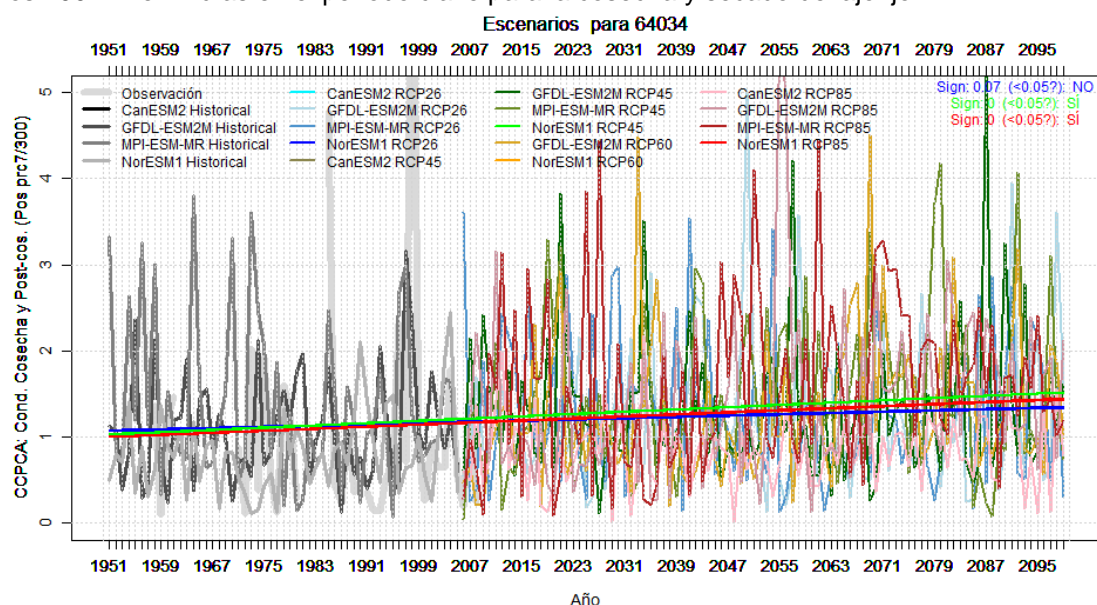
## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca

el secado al sol, debe realizarse el secado de forma artificial, y en lugares con alta humedad ambiental el ajonjolí vuelve a absorber humedad y corre el riesgo de enmohecimiento<sup>3</sup>.

El indicador utilizado pretende medir las tendencias en las precipitaciones intensas en este periodo de cosecha y post-cosecha y se ha formulado como:

**CCPCA:** Máxima precipitación acumulada en 4 días consecutivos entre los 80 y 100 días desde el inicio de la postrera dividido entre 100mm (es más desfavorable cuanto mayor de 1 sea este cociente - condiciones de temporal-, es más favorable cuanto menor de 1 sea el cociente)

El indicador muestra una tendencia significativa y generalizada a superar el valor 1, en algunos casos la tendencia es muy relevante como es el caso de Somotillo, Villanueva, Chinandega y Corinto en el Norte de Nicaragua. La gráfica siguiente muestra el caso de Corinto donde se observa la tendencia a superar los 100mm en 4 días en el periodo clave para la cosecha y secado del ajonjolí.



## 6. EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA SANDÍA, MUSÁCEAS Y YUCA

### 6.1 SANDÍA

En el cultivo de sandía hay dos momentos críticos en los que los cambios en el clima puede ejercer una influencia clave: la siembra y la cosecha.

#### a) Siembra y emergencia.

Durante la siembra, la sandía puede estar muy afectada por el exceso de precipitación que puede producir la pérdida de la semilla tanto en primera como en postrera. El exceso de precipitación también afecta a la planta durante la emergencia y desarrollo por la dificultad de absorber los nutrientes por las raíces en zonas saturadas de agua y por el consiguiente desarrollo de enfermedades. Para el caso de las siembras en humedales es fundamental contar con días con escasa lluvia que garanticen la viabilidad de la plántula en este estado más frágil del desarrollo. Los indicadores formulados para analizar los efectos del cambio climático en fase de siembra y emergencia son los siguientes:

<sup>3</sup> Ficha técnica de Ajonjolí de FAO.

[http://www.fao.org/inpho\\_archive/content/documents/vlibrary/AE620s/Pfrescos/AJONJOLI.HTM](http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/AE620s/Pfrescos/AJONJOLI.HTM)

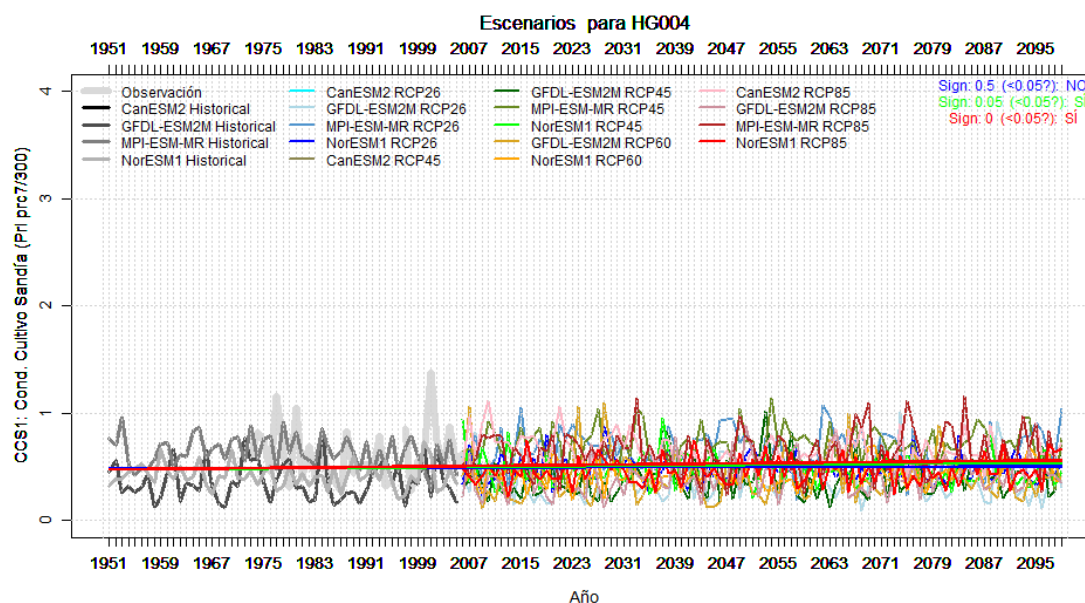
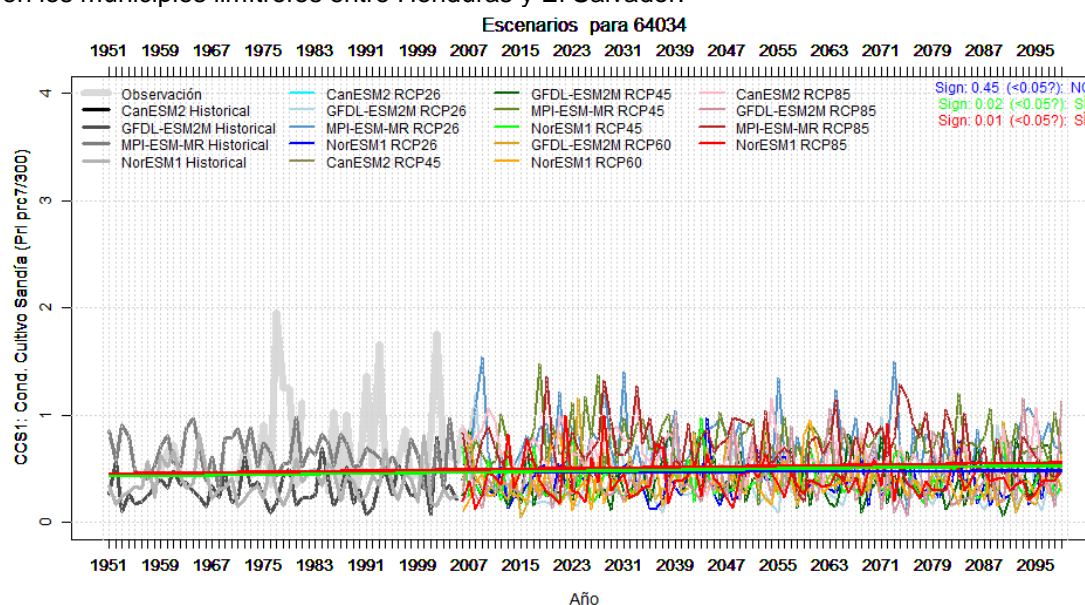
## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca

**CCS1:** Condiciones de Cultivo en Siembra de primera: Máxima precipitación acumulada en 7 días consecutivos en los primeros 45 días desde el inicio de la primera dividido entre 300mm

**CCS2:** Condiciones de Cultivo en Siembra de postrera: Máxima precipitación acumulada en 7 días consecutivos en los primeros 45 días desde el inicio de la postrera dividido entre 300mm

**CCS3:** Siembra humedales<sup>4</sup>: Mínima precipitación acumulada (mm) en 8 días consecutivos entre el 10 de noviembre y el 10 de diciembre dividido entre 2 mm (es más desfavorable cuanto mayor de 1 sea este cociente, es más favorable cuanto menor de 1 sea el cociente –condiciones de veranillo para siembra en humedales-)

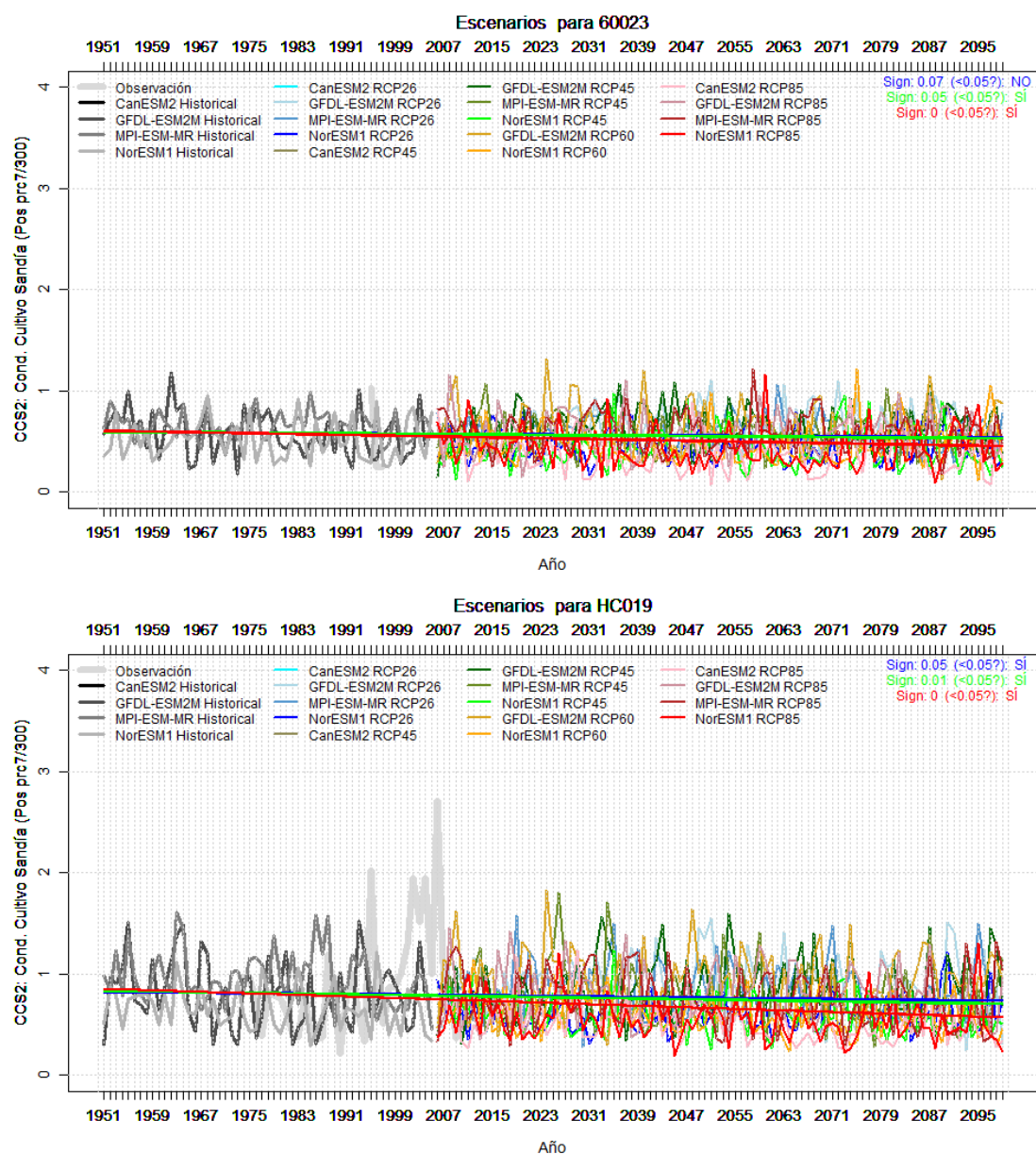
En primera se prevé que se van a mantener las condiciones de siembra actuales, en las que las lluvias intensas están en torno a los 130-160mm en 7 días y difícilmente alcanzan los 300mm (excepto en Namasigüe y El Triunfo en el Sur de Honduras). Se detectan tendencias hacia un incremento de las lluvias intensas para el escenario más pesimista (085) en Corinto y Villanueva en Nicaragua, así como en los municipios limítrofes entre Honduras y El Salvador.



<sup>4</sup> No consideramos pérdidas en floración por exceso de lluvias, partiendo de la hipótesis de que la probabilidad de existencia de lluvias de más de 300mm en 7 días a final de año es muy baja.

## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca

Por el contrario en postrera hay una tendencia hacia la disminución generalizada de las precipitaciones intensas en el escenario 085, con reducciones muy relevantes en áreas como Puerto Morazán (60023) en Nicaragua y Marcovia (HC019) en Honduras.



Para la siembra en humedales las gráficas obtenidas no ofrecen resultados ni tendencias por lo que se puede concluir que en esas fechas clave entre el 10 de noviembre y el 10 de diciembre lo habitual es que haya 8 días consecutivos sin lluvia y que esta situación no va a cambiar. Las condiciones de veranillo para la siembra en humedales van a continuar siendo adecuadas y el cultivo seguirá siendo viable en las áreas donde hasta el momento se ha cultivado sandía.

### b) Cosecha y post-cosecha

Cuando la sandía esta finalizando su proceso de maduración y se prepara para la cosecha, las lluvias excesivas pueden dar lugar a importantes pérdidas (debido a la pudrición por *Phytophthora*, que es común en áreas con abundantes lluvias y humedad durante la cosecha, o por la dificultad en el acceso al terreno para cosechar...). Este no es ni será un problema para la sandía sembrada en humedales (pues la cosecha se da en época de escasas lluvias), sin embargo, en la sandía sembrada en primera y

## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca

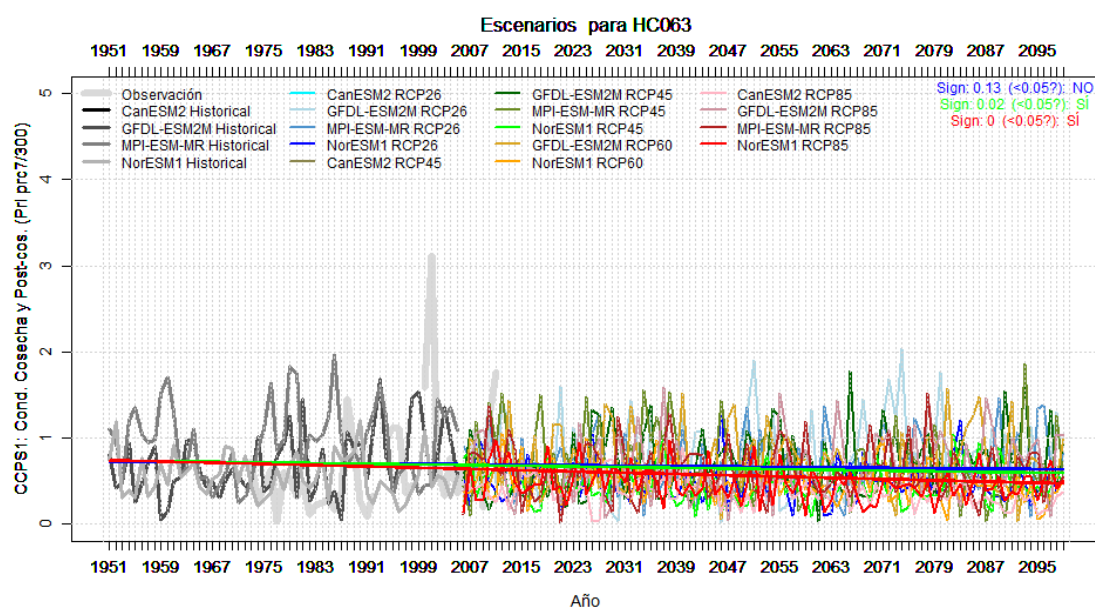
postrera si se puede dar un exceso de lluvias con influencia en el rendimiento del cultivo. El indicador seleccionado está dirigido a conocer lo que va a ocurrir con las lluvias intensas en ese periodo de últimas etapas de maduración y cosecha. Los indicadores seleccionados han sido:

**CCPS1:** Índice de temporal en primera. Máxima precipitación acumulada (mm) en 7 días consecutivos ente los 60 y 90 días desde el inicio de la primera dividido entre 300 mm

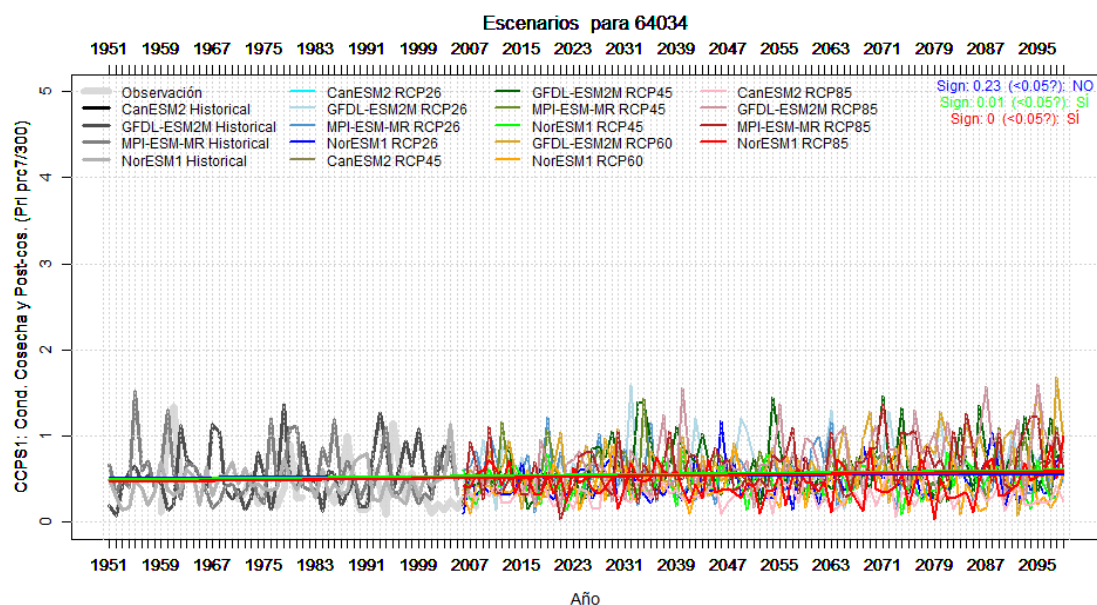
**CCPS2:** Índice de temporal en postrera. Máxima precipitación acumulada (mm) en 7 días consecutivos ente los 60 y 90 días desde el inicio de la postrera dividido entre 300 mm

En ambos casos es más desfavorable cuanto mayor de 1 sea este cociente y más favorable cuanto menor de 1 sea el cociente.

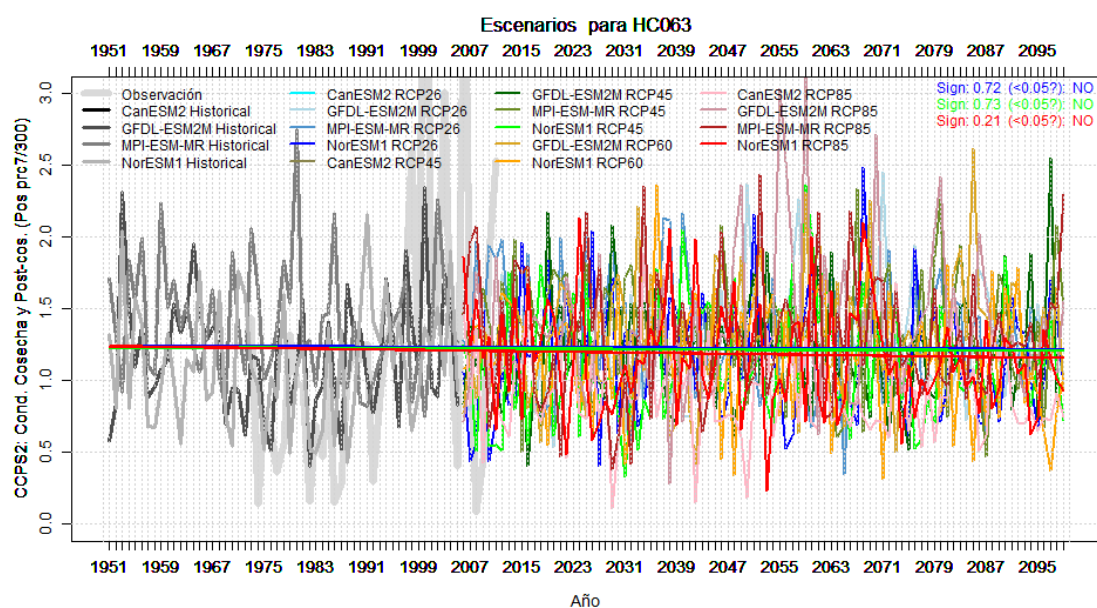
En el caso de la primera, este tipo de temporales no son ni serán un problema para la sandía pues las precipitaciones intensas están en torno a los 100mm en los 7 días más lluviosos y la tendencia observada es hacia la reducción de lluvias en prácticamente todas las estaciones. El siguiente gráfico muestra el ejemplo para el caso de Namasigüe (HC063) en Honduras en que la reducción es considerable en el escenario más desfavorable (RCP085), en torno a 50mm de reducción para mediados de siglo. La única excepción en la que se prevé un incremento de las lluvias pero que no implicará daños en sandía es en Corinto (64034) en Nicaragua.



## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca



En cuanto a la postrera, las lluvias más intensas en general superan los 200mm en los 7 días más lluviosos de ese periodo. La tendencia no parece cambiar para mediados de siglo, lo que implica que las áreas de mayor intensidad de lluvia como Namasigüe (HC063) van a continuar dando problemas por exceso de lluvia en las siembras de postrera. Una de las excepciones en las que se prevé reducción de lluvias intensas es Marcovia (HC019), donde el cultivo de sandía dará menos problemas por exceso de lluvia en la cosecha.



### 6.2 MUSÁCEAS

En el análisis de este medio de vida con las comunidades se han detectado tres momentos críticos en los que los cambios en la climatología puede tener implicaciones en el rendimiento de las musáceas:

- El exceso de lluvia en el periodo de siembras desde el momento del inicio de la primera, donde periodos largos de lluvia (temporales) llegan a pudrir la mata.
- La pre-maduración de los frutos por lluvias prematuras a la primera en el mes de abril que pueden dar lugar a importantes reducciones de rendimiento.
- La incidencia de las mayores sequías por canículas más extensas

## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca

A continuación analizamos cada una de estas etapas:

### a) Fase de siembra

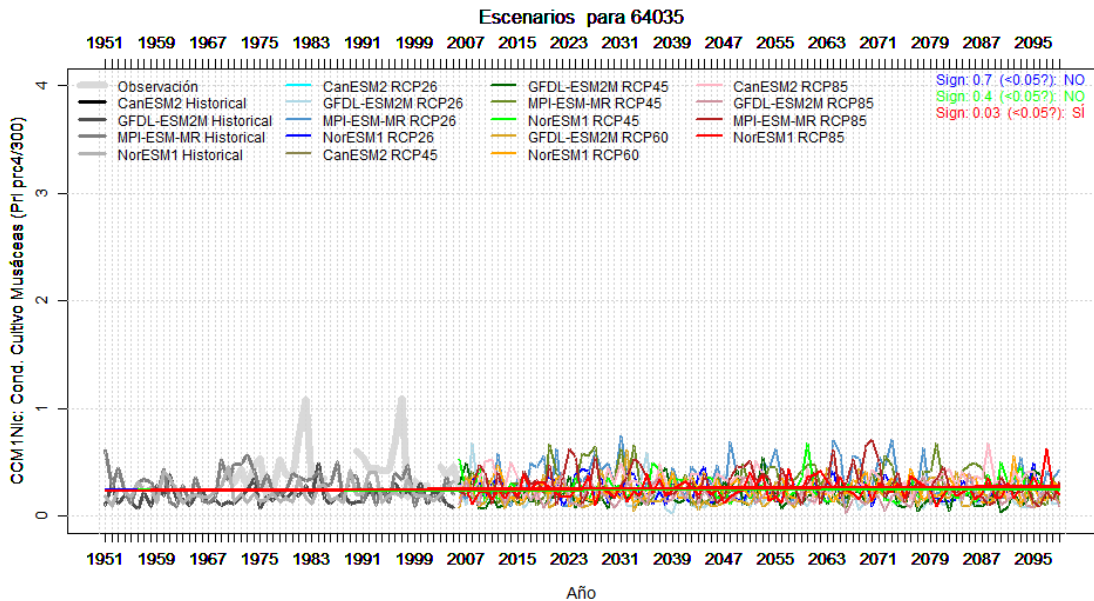
Como en otros casos, los efectos de exceso de precipitación en la siembra van a depender mucho del tipo de suelo. En este caso, las diferencias tan importantes en el tipo de suelo y el manejo del cultivo en las áreas de producción de Nicaragua y Honduras han llevado a considerar dos indicadores diferentes tanto para el análisis de los efectos en la fase de siembra como en la pre-maduración de los frutos.

Los indicadores empleados para analizar el exceso de lluvia tras el inicio de la primera y sus implicaciones en las musáceas han sido los siguientes:

**CCM1Nic:** Máxima precipitación acumulada (mm) en más de 4 días consecutivos en los primeros veinte días del inicio del invierno dividido entre 100mm (es más desfavorable cuanto mayor de 1 sea este cociente, es más favorable cuanto menor de 1 sea el cociente)

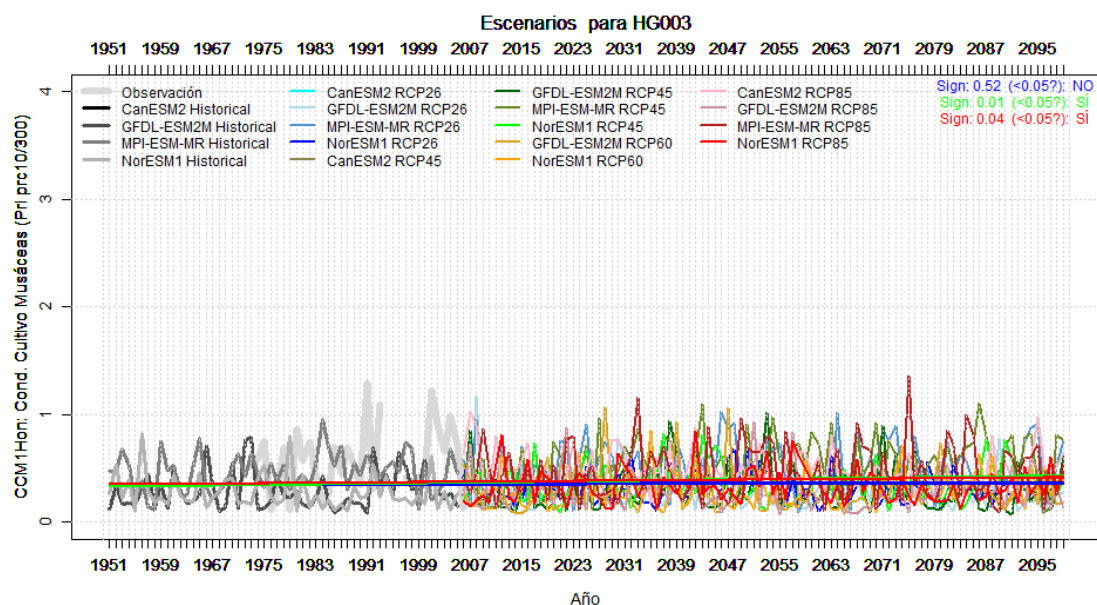
**CCM1Hon:** Máxima precipitación acumulada (mm) en 10 días consecutivos en los primeros veinte días del inicio del invierno dividido entre 300mm (es más desfavorable cuanto mayor de 1 sea este cociente, es más favorable cuanto menor de 1 sea el cociente)

En el caso de Nicaragua no se detectan excesos de lluvia en ese periodo pues la máxima precipitación acumulada en 4 días está en el entorno de los 30-40mm. Además no se detectan cambios de tendencia, excepto en el norte de El Viejo, Jiquillo (64035) con un leve incremento en el escenario más desfavorable (RCP085).



En Honduras también las precipitaciones máximas acumuladas en 10 días no son elevadas, pues están en torno a los 120-150mm. No se prevén cambios importantes, aunque aumentarán las lluvias significativamente en las áreas limítrofes con El Salvador, como Goascorán y Alianza para los escenarios más desfavorables.

## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca



### b) Pre-Maduración de frutos

El problema de pre-maduración por adelanto de las lluvias también se ha medido con indicadores diferentes para Nicaragua y Honduras, como resultado de la verificación realizada con las comunidades. Los indicadores utilizados han sido:

**CCM2Nic:** Máxima precipitación acumulada (mm) en mas de 4 días consecutivos entre el 1 y 30 de abril<sup>5</sup> dividido entre 50mm  
**CCM2Hon:** Máxima precipitación acumulada (mm) en 10 días consecutivos entre el 1 y 30 de mayo dividido entre 50mm

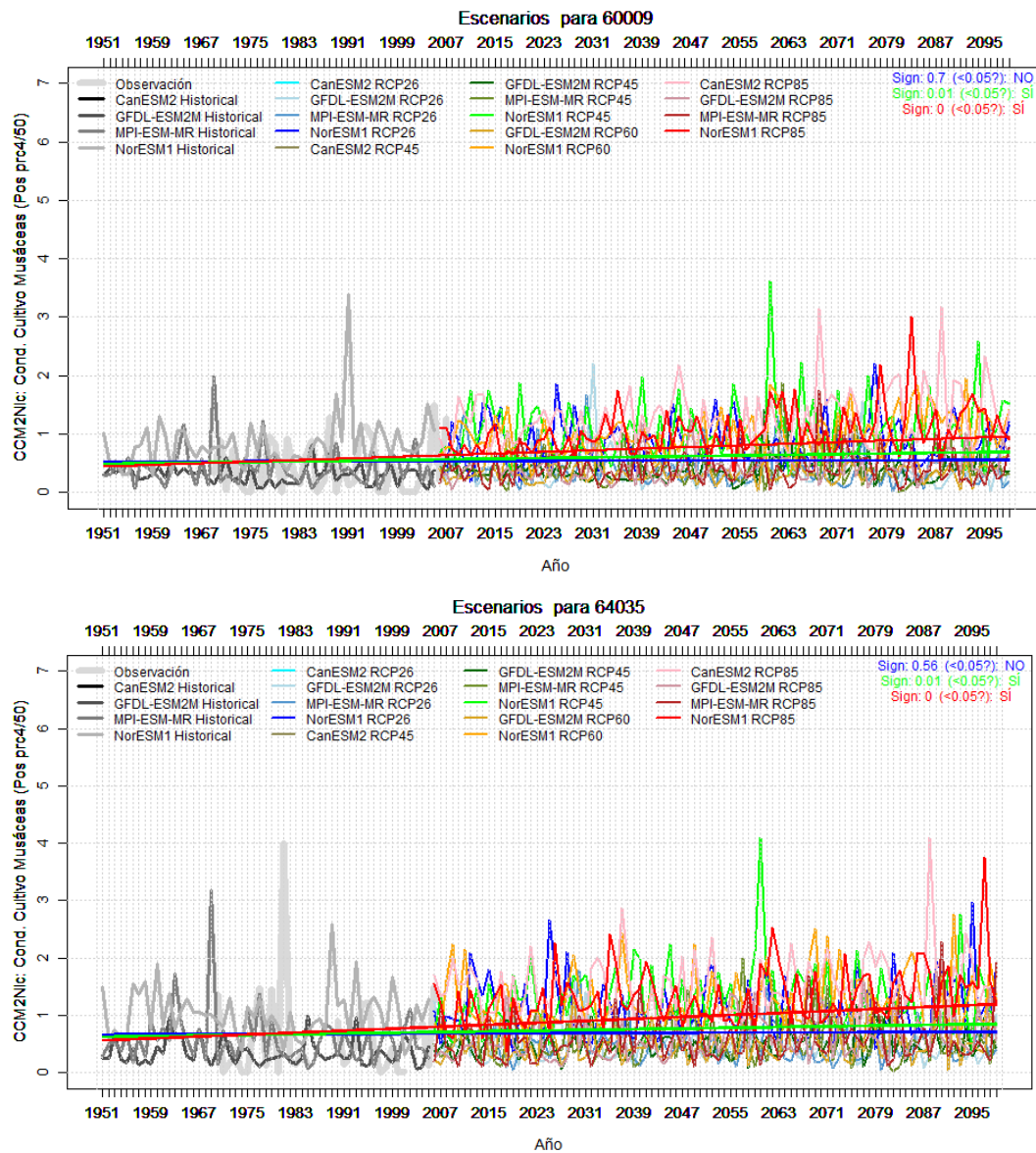
Los resultados serán más desfavorables cuanto mayor de 1 sea este cociente –mayor caída de fruto-, es más favorable cuanto menor de 1 sea el cociente

En Nicaragua las precipitaciones acumuladas en 4 días durante el mes de abril se acercan a los 50mm, aunque normalmente no los superan. Las tendencias en el escenario más desfavorable es que tenderán a incrementarse significativamente alcanzando el valor 1, por lo que se darán más problemas relacionados con la caída prematura de los frutos. Ejemplo de este incremento son las gráficas siguientes de Chinandega y El Viejo, respectivamente.

<sup>5</sup> Afecta a las siembras en julio

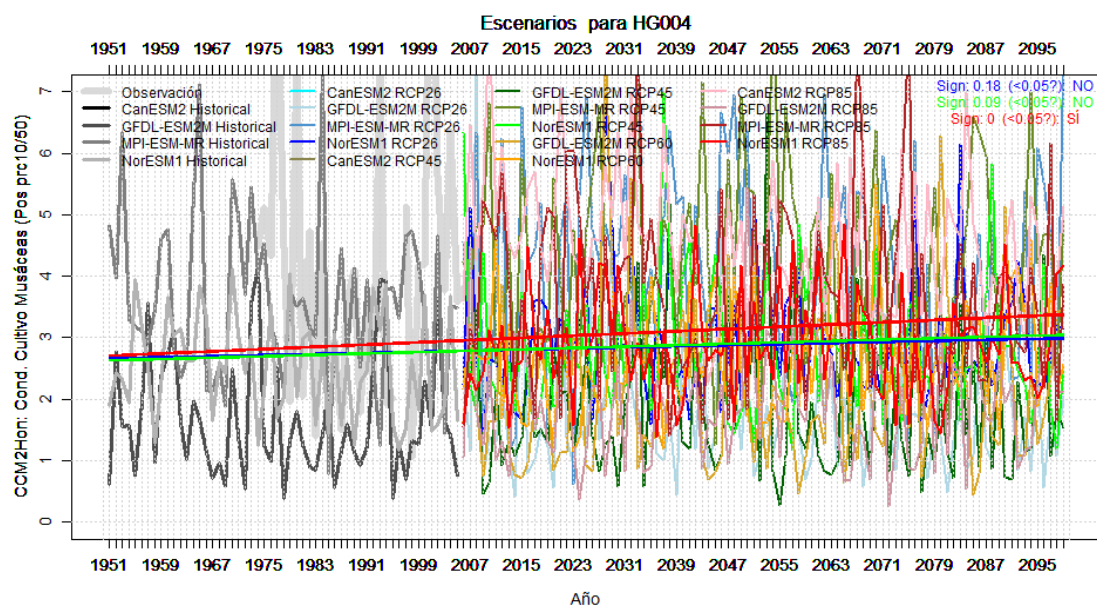


## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca



En el caso de Honduras las máximas precipitaciones acumuladas en 10 días en el mes de mayo superan los 100mm, e incluso los 200mm, por tanto se entiende que las condiciones ya son favorables para la pre-maduración de frutos y por lo tanto para que los rendimientos sean bajos. La tendencia en general es a mantenerse en ese régimen de precipitación. Sin embargo en las áreas limítrofes con El Salvador tenderá incluso a aumentar de manera significativa, como muestra la siguiente gráfica.

## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca



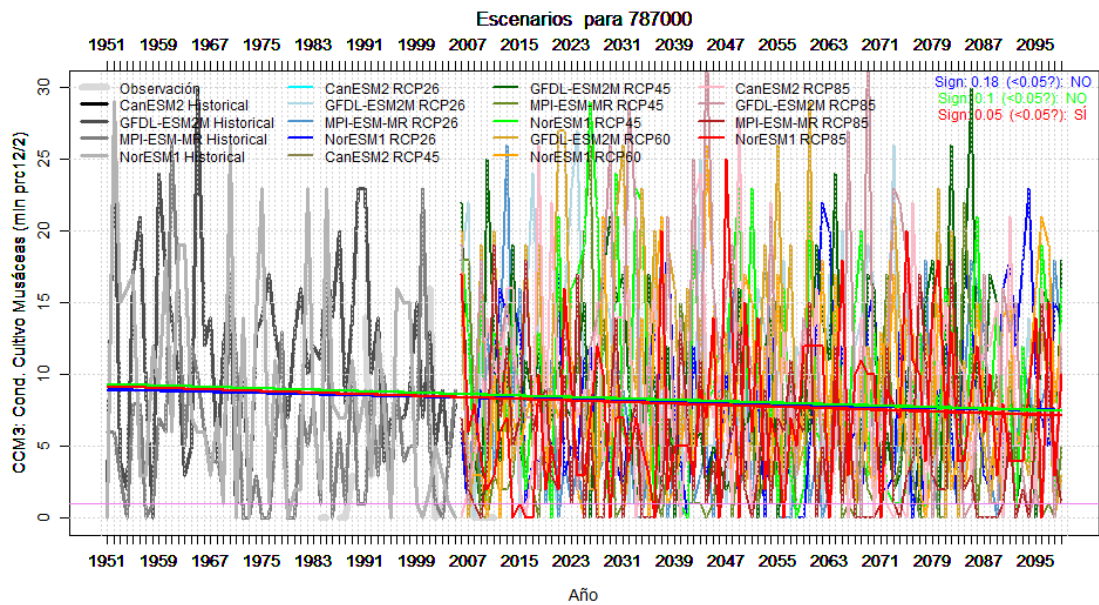
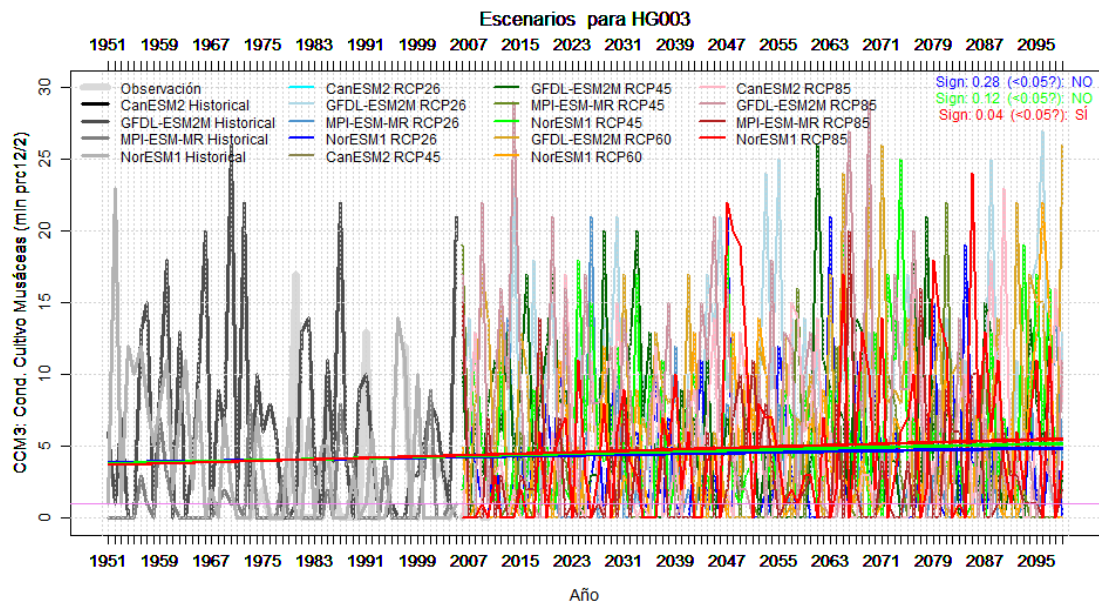
### c) Desarrollo de la planta y maduración del fruto

La canícula puede afectar el proceso de crecimiento y maduración de los frutos por falta de la humedad necesaria para su desarrollo. El indicador utilizado para medir como afectarán los cambios en la canícula en esta fase clave del desarrollo de la planta es el siguiente:

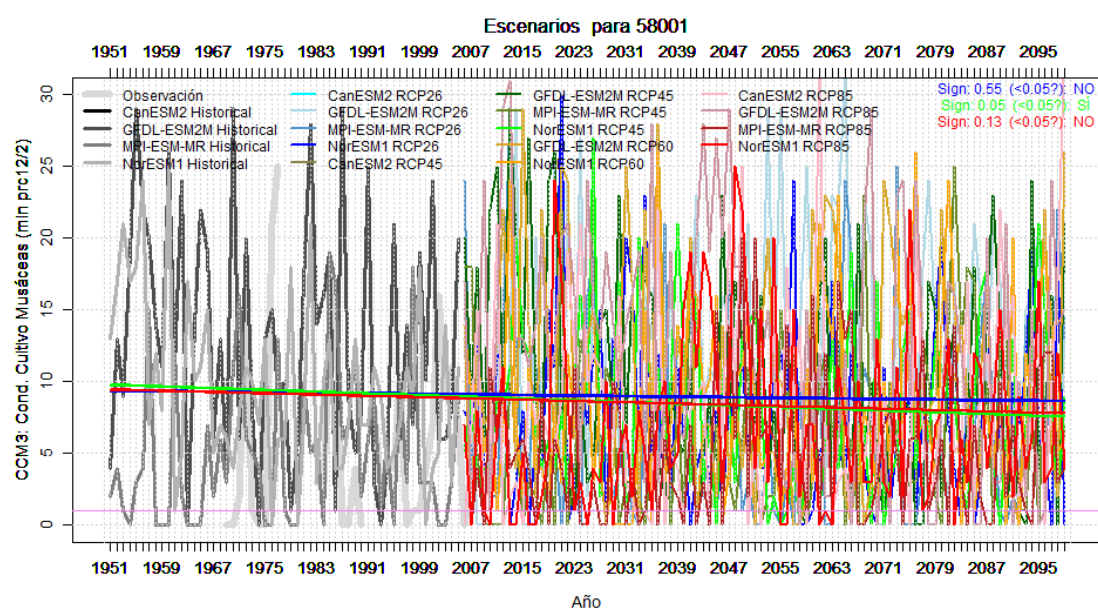
CCM3: Sequía en canícula (musáceas): Numero de días en el periodo 40-80 días desde el inicio del invierno en los que la precipitación acumulada en ese día y los once anteriores es inferior a 2 mm. (5 días para adelante en suelos arenosos 12 días en suelos francos aluviales húmedos que permiten resistir)

El número de días en que se da esta condición de estar precedidos de 11 días secos es muy variable, desde los 3 días de Chinandega hasta los 9-10 en Somotillo o Amapala. No hay una tendencia clara y si la hay al aumento de los días. Estos aumentos son muy importantes en las zonas limítrofes entre Honduras y El Salvador (HG003). En esta área también se prevé una tendencia a incrementarse la frecuencia de años en los que el número de días de seca supera los 20 e incluso 25. En casos muy puntuales se observa una reducción del número de días, como es el caso de Amapala (787000) o Somotillo (58001)

# Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca



## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca



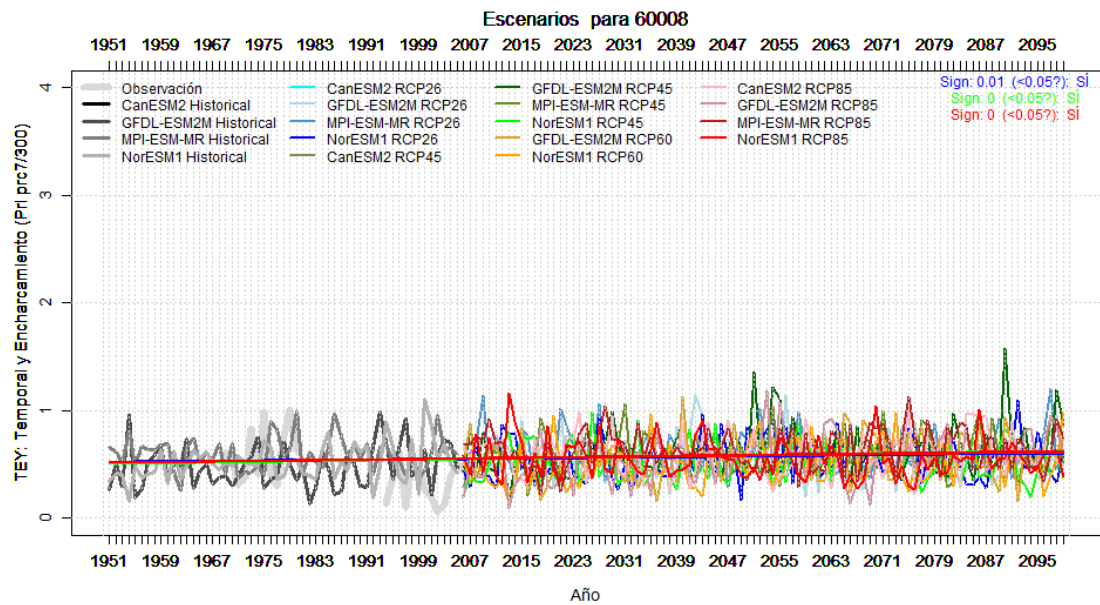
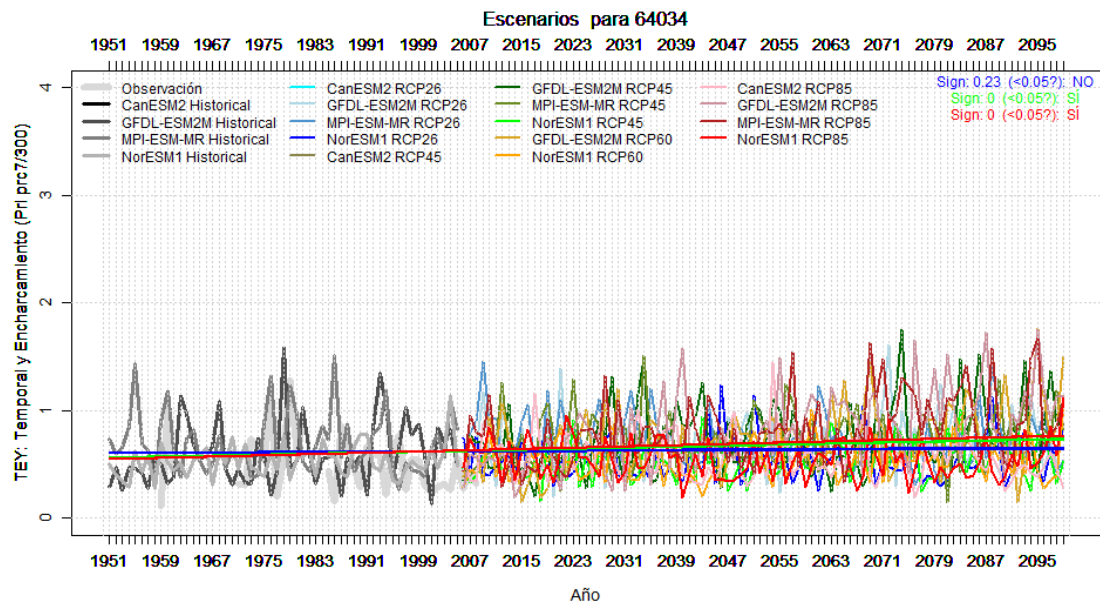
### 6.3 YUCA

Las consultas realizadas con las comunidades sobre los aspectos más críticos relacionados con el clima en el cultivo de la yuca pusieron de manifiesto que este cultivo es muy resistente a la sequía y a las temperaturas elevadas, y tan solo presenta problemas cuando en áreas de cultivo planas los terrenos quedan anegados por el agua. En estos casos se desarrollan hongos, la raíz se pudre y muere la planta. El indicador definido tiene en cuenta este aspecto crítico, pues permite medir el exceso de agua por temporales en el periodo de mayor desarrollo del tubérculo. Se formula como:

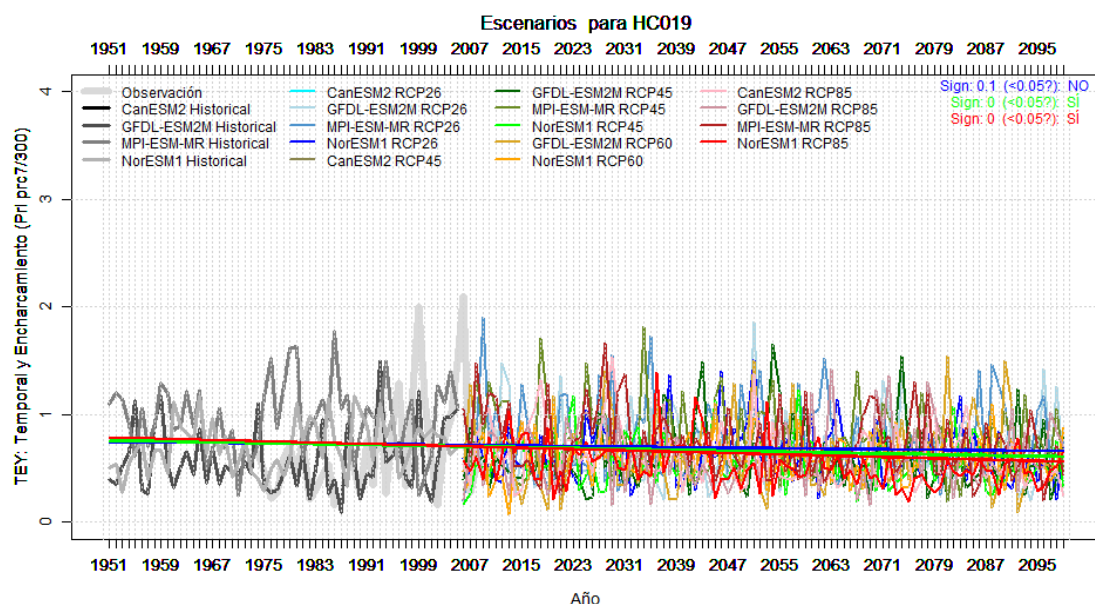
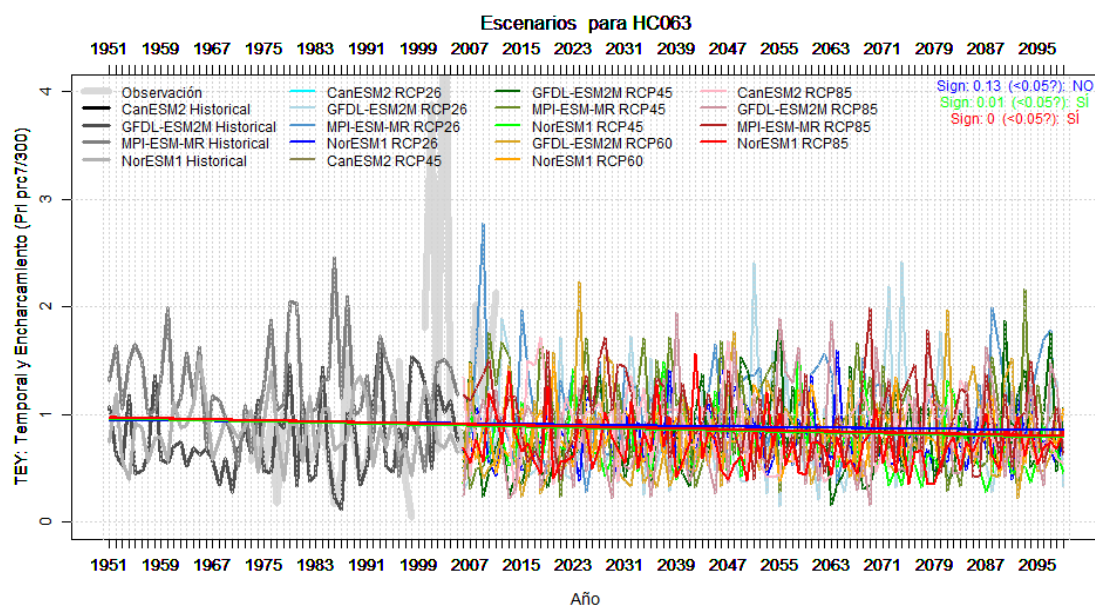
**TEY:** Indicador “Temporal y Encharcamiento” de Yuca: Máxima precipitación acumulada (mm) en 10 días consecutivos entre los 45 y 90 días del inicio del invierno dividido entre 300mm (es más desfavorable cuanto mayor de 1 sea este cociente, es más favorable cuanto menor de 1 sea el cociente)

Los resultados obtenidos indican que generalmente las lluvias acumuladas en 10 días dentro del periodo de cultivo seleccionado se encuentran en torno a los 150mm, muy por debajo de los 300mm. La tendencia de futuro de este indicador es diversa en función de la localización. En municipios como Villanueva, Somotillo y Corinto, hay una tendencia a incrementarse las lluvias por temporal en este periodo. En el caso de Corinto, se observa que en muchos años del futuro las precipitaciones alcanzarán los 4050-500mm en 10 días, lo que puede dar lugar a mayores condiciones de inundación. En cambio en Chinandega (60020), Jiliquillo (64035), Marcovia, El Triunfo y Namasigüe tiende a reducirse (gráfica \_\_\_y\_\_\_)

## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca



## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca



### 7. EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA GANADERÍA BOVINA

Los elementos más críticos en relación al clima en la ganadería bovina del Golfo de Fonseca son:

- El estrés calórico por los efectos de las olas de calor en los animales en los meses de temperaturas más elevadas (marzo y abril)
- El estrés y la afectación de enfermedades podales y respiratorias en los animales por exceso de agua y la influencia de dicho exceso en los pastos (septiembre y octubre)

#### a) Estrés calórico en animales

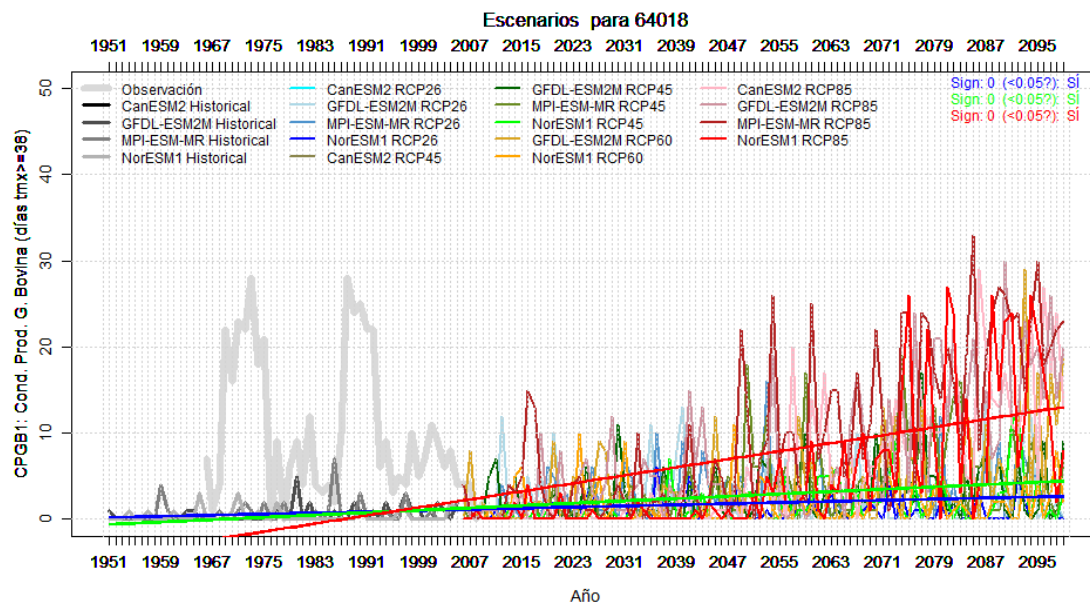
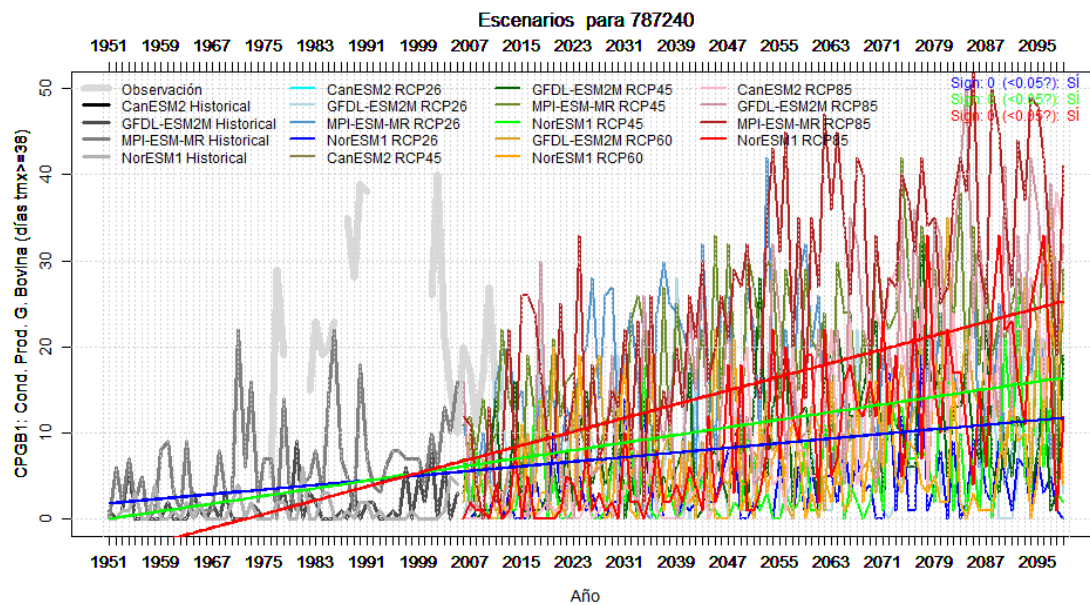
Los indicadores utilizados para dimensionar los efectos del cambio climático en el estrés calórico de los animales han sido los siguientes:

## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca

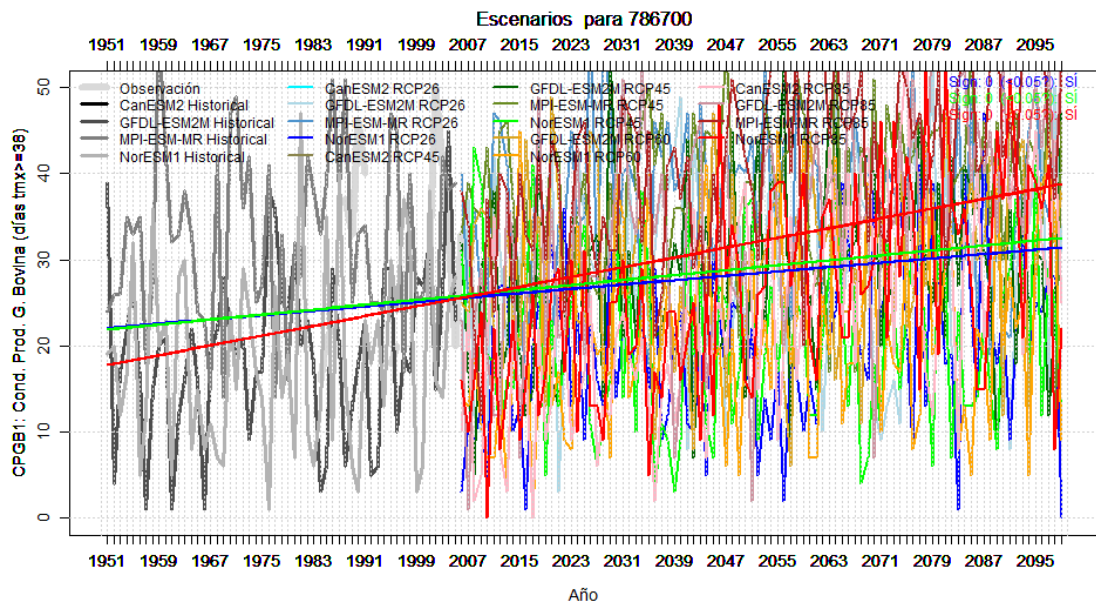
**CPGB1:** Número de días en los meses de marzo y abril en los que se registra una temperatura mayor o igual a los 38°C

**CPGB2:** Numero de grados-días acumulados diariamente en los que se supera los 38°C entre los meses de marzo y abril

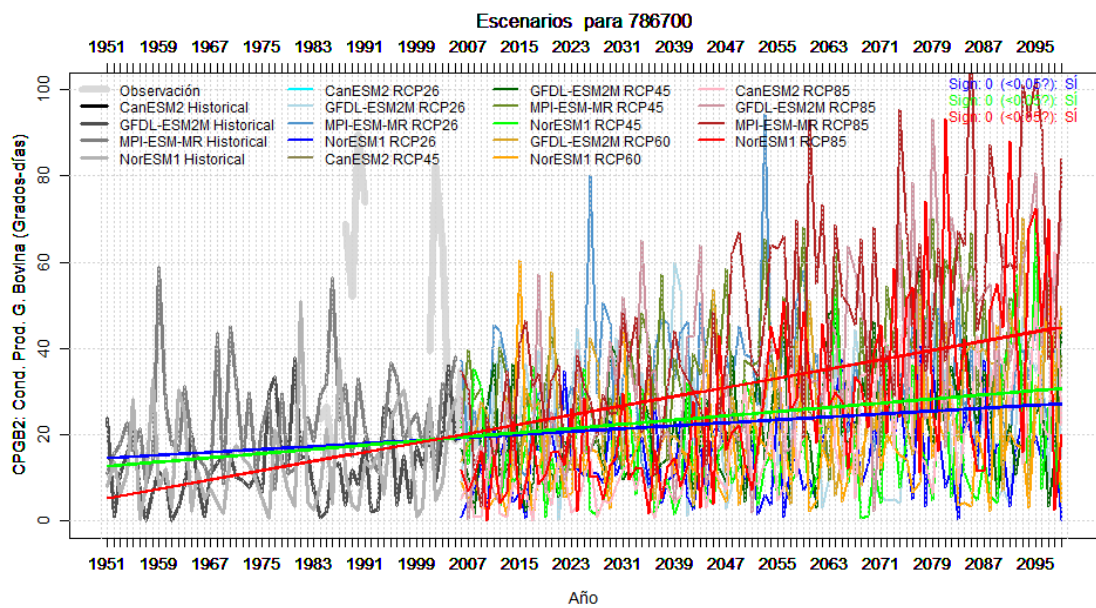
El análisis de las gráficas de escenarios de las estaciones meteorológicas donde se cuenta con datos de temperatura diaria permite predecir que se va a dar un incremento relevante en el numero de días del periodo mas caluroso en los que la temperatura se elevará por encima de los 38°C. Este incremento se confirma en Choluteca, Chinandega, Corinto y San Salvador.



## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca

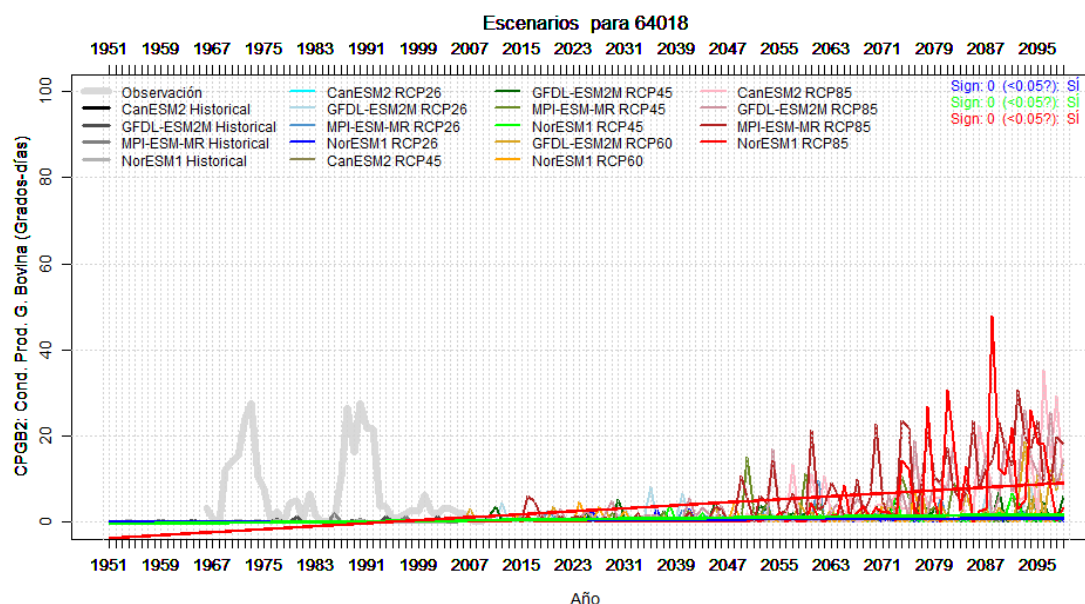
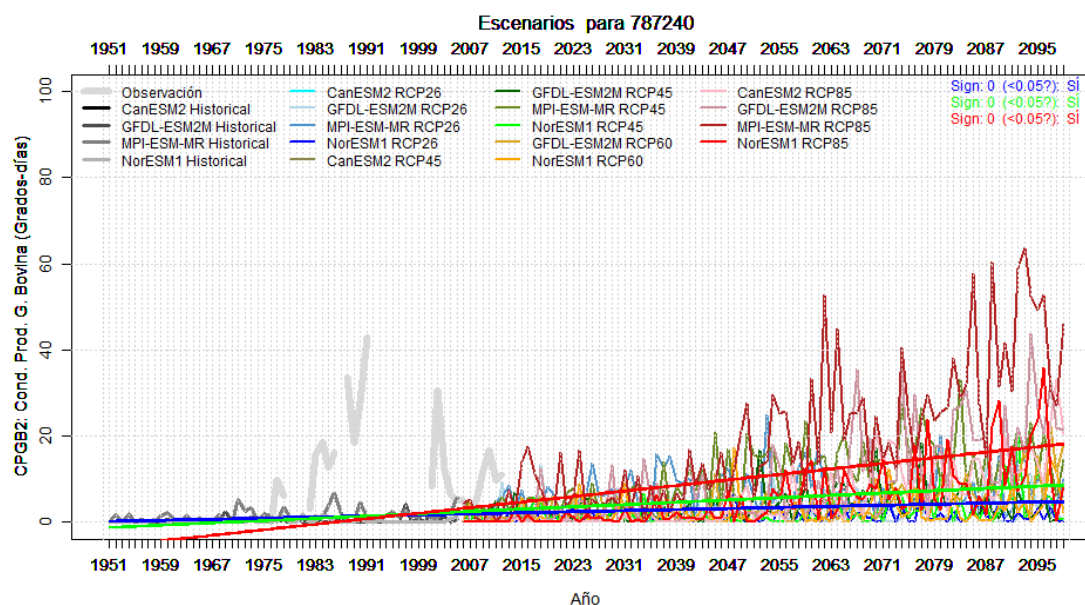


El segundo indicador que mide los grados día acumulados que superan los 38°C también resulta en un incremento muy relevante y significativo, fundamentalmente en Choluteca y San Salvador, y algo más leve en Chinandega.





## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca



### b) Estrés de animales y condiciones del pasto por exceso de lluvias

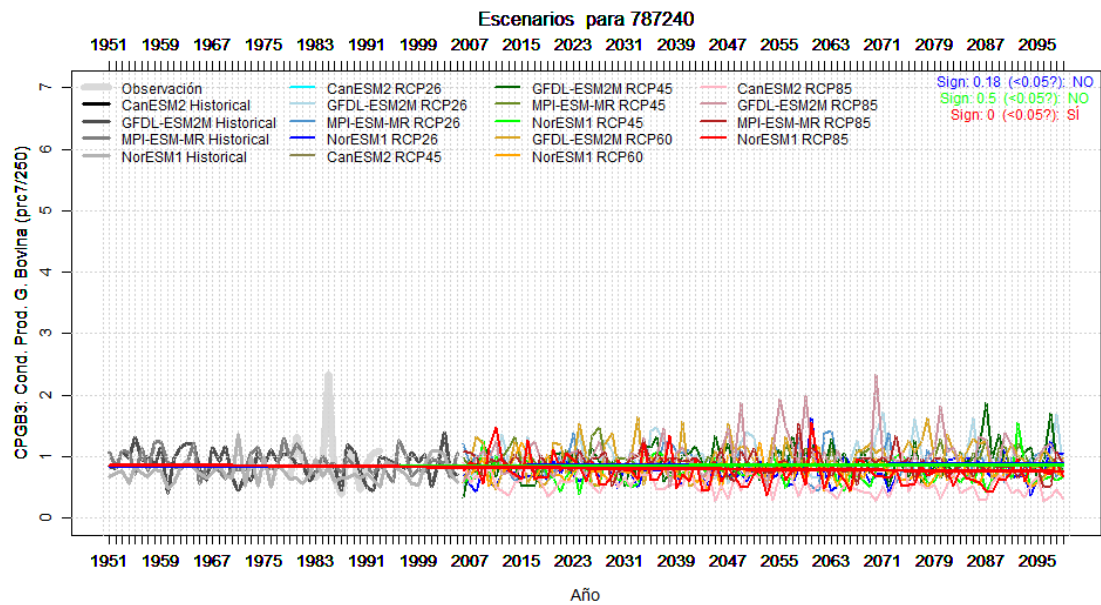
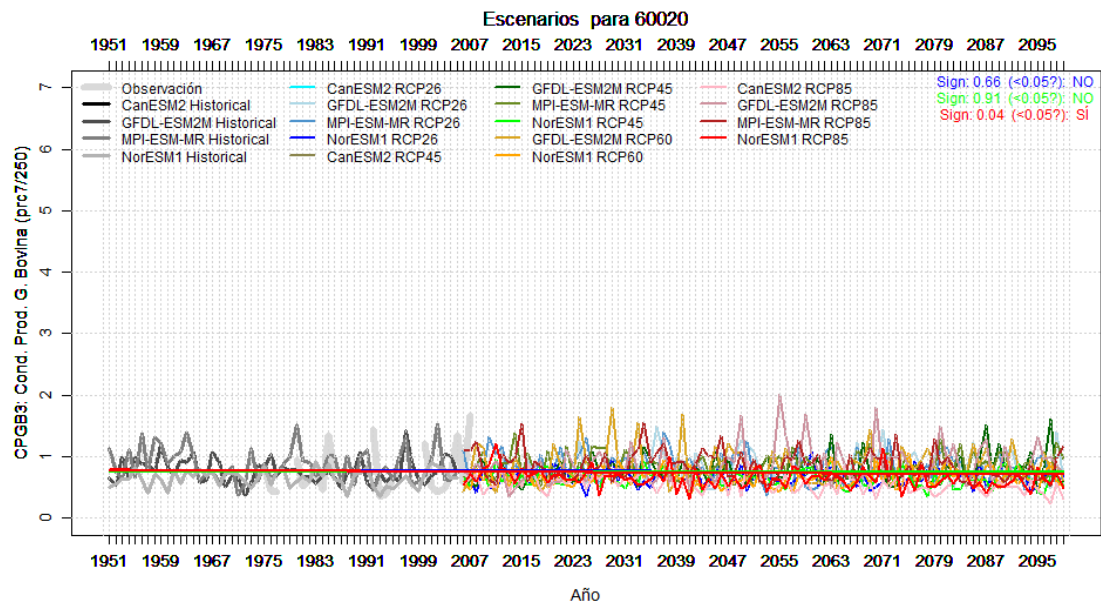
El indicador seleccionado para medir el efecto del cambio climático en el exceso de lluvia en los momentos de lluvias más abundantes (septiembre y octubre) es el siguiente:

**CPGB3:** Índice de temporal pasto y estrés en animal<sup>6</sup>. Máxima precipitación acumulada (mm) en 7 días consecutivos entre los meses de septiembre y octubre dividido entre 250 mm (es más desfavorable cuanto mayor de 1 sea este cociente, es más favorable cuanto menor de 1 sea el cociente)

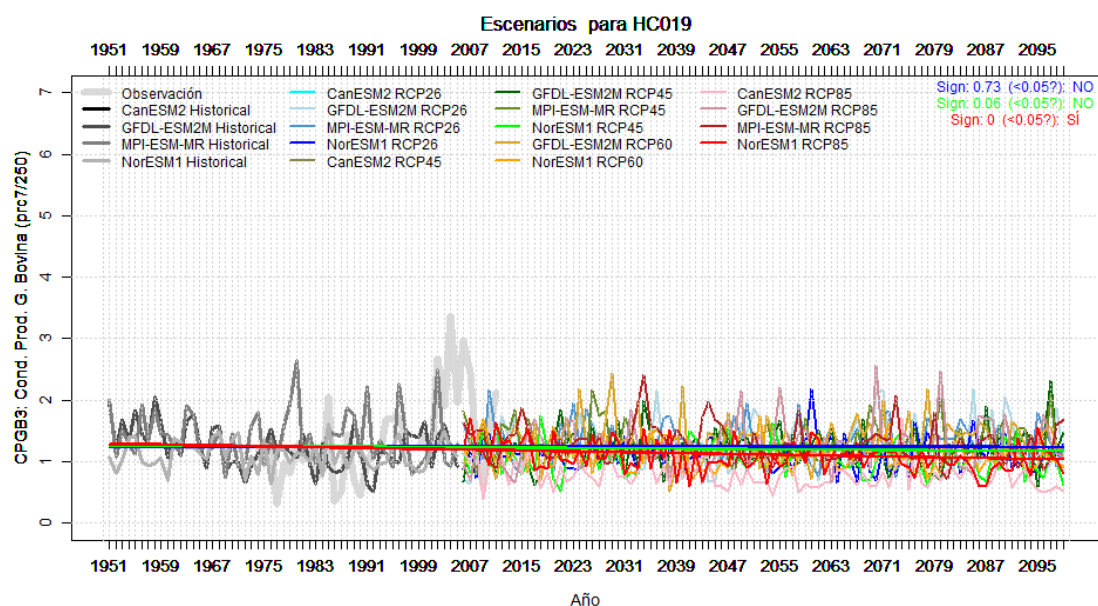
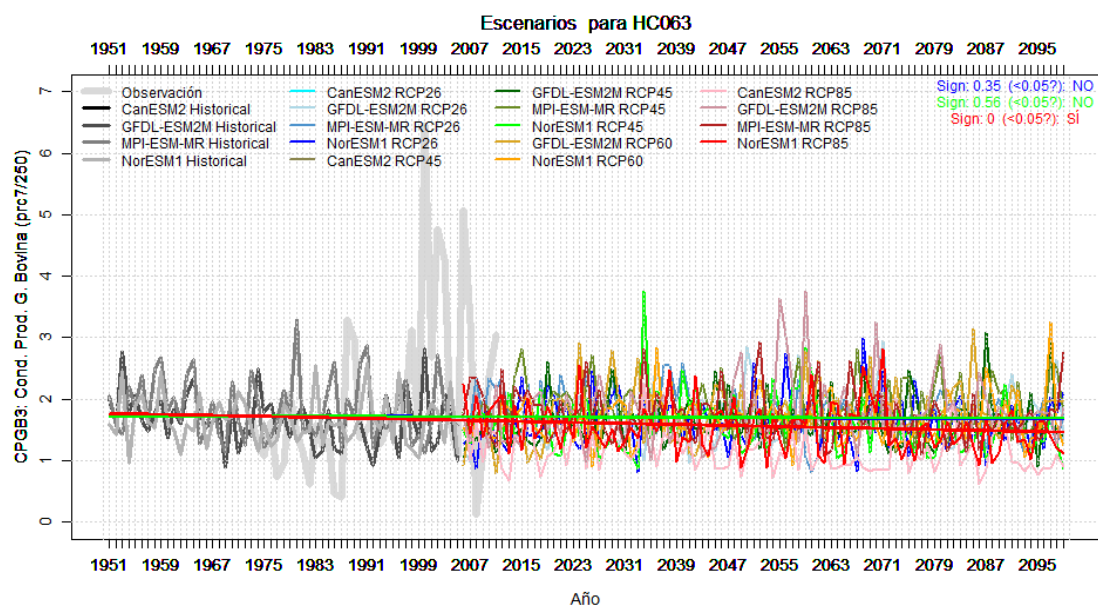
En Golfo de Fonseca la máxima precipitación acumulada en 7 días en el periodo definido esta en torno a los 250mm. Los resultados en algunas estaciones no plantean tendencia y en otras la tendencia es significativa a reducirse las lluvias. En concreto esta reducción de lluvias que tendrá un beneficio positivo en la producción ganadera se da sobretodo en Chinandega (60020), Choluteca (787240), Namasigüe (HC063)y Marcovia (HC019)

<sup>6</sup> Se maneja el índice 1 para pasto y el índice de temporal 1,6 (equivalente a 500 mm para estrés de animales – barro, enfermedades podales,etc-

## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca



## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca



8.

### EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA PESCA Y LA CAMARONICULTURA

#### 8.1. PESCA

Se han analizado dos aspectos críticos para la pesca en las cuáles los cambios en el clima pueden ejercer una gran influencia en este medio de vida:

- El desove de las principales especies (camarón blanco, crustáceos, moluscos y peces de escama).
- Las condiciones de la pesca relacionada con la mayor o menor frecuencia de los golpes de calor y su influencia tanto en los pescadores como en la presencia/accesibilidad a los bancos de peces.

#### a) Influencia en el desove de las principales especies

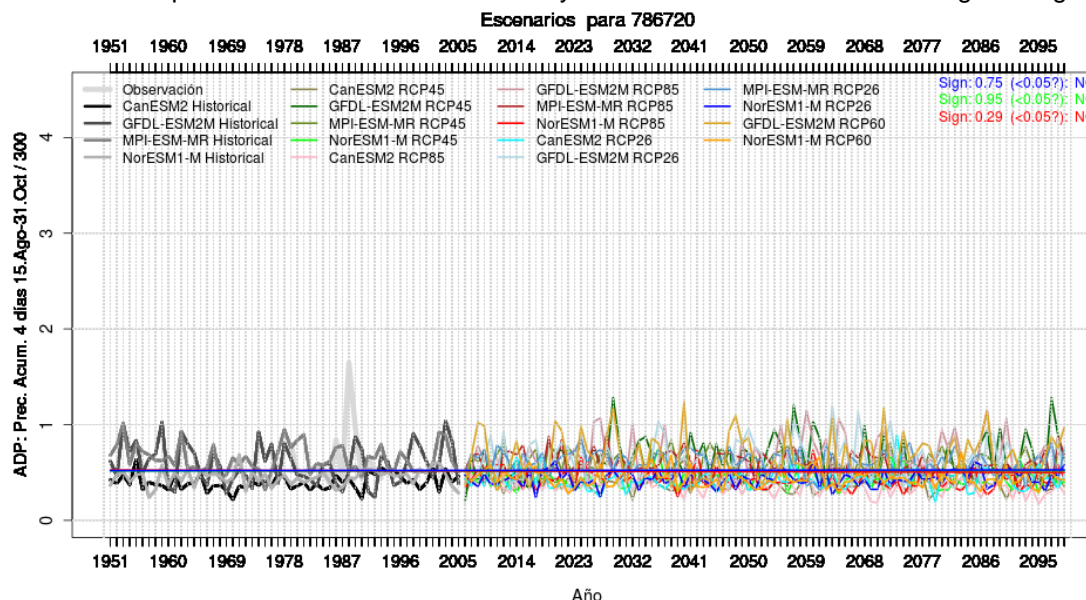
## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca

El análisis se ha centrado en uno de los factores que más afecta a las etapas larvales y juveniles de las especies que se pescan en el Golfo de Fonseca: los temporales de lluvia intensa entre los meses de agosto y octubre (cuando la intensidad de las lluvias es mayor).

El indicador utilizado ha sido el siguiente:

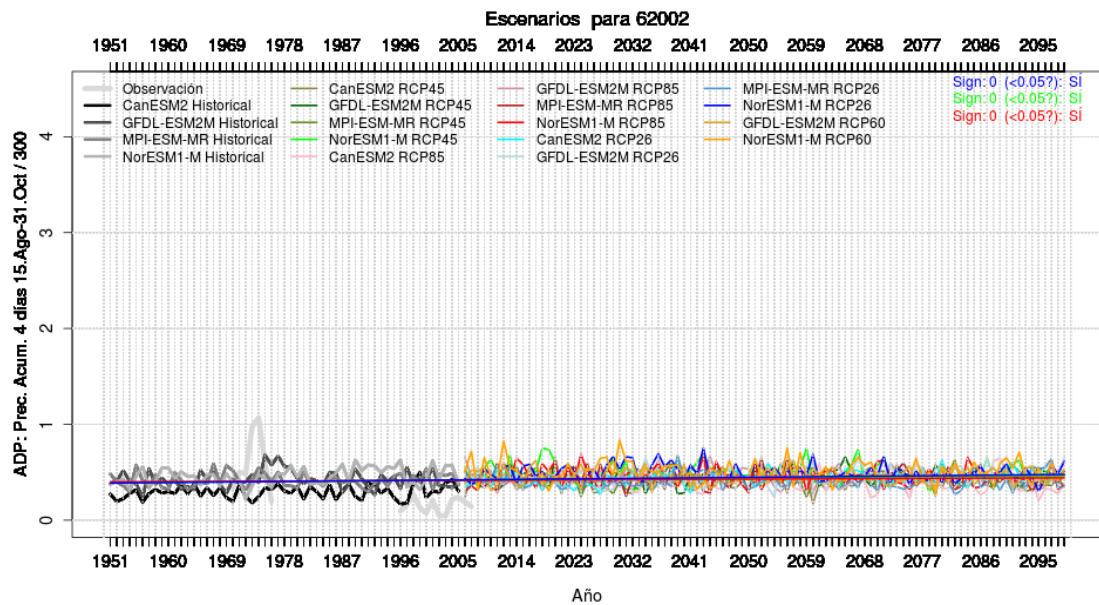
**ADP: Indicador "afectación al desove":** Índice de temporal. Máxima precipitación acumulada (mm) en 4 días consecutivos en el periodo del 15 de agosto al 31 de octubre (2,5 meses) dividido entre 300 mm (es más desfavorable cuanto mayor de 1 sea este cociente, es más favorable cuanto menor de 1 sea el cociente)

Excepto para el caso de Marcovia en el que las precipitaciones medias superan los 250mm, en las demás áreas analizadas la media de las máximas precipitaciones acumuladas en 7 días están en torno a los 140-160mm. En cualquiera de ellas oscila considerablemente de un año para otro pero en general no alcanzan los 300mm salvo en años muy excepcionales. Esto pone en evidencia que en la actualidad la pesca no ha estado afectada por este tipo de eventos climáticos. No hay tendencias significativas en el aumento de estas medias en el caso de San Lorenzo (HN008), El Triunfo (HT103), Choluteca (787240), Amapala (787000), Somotillo (58001) y La Unión (786720). En las últimas tres áreas mencionadas los escenarios si muestran un incremento en el número de picos que alcanzan los 300mm, y en el caso de la Unión se superarán esas cantidades con mayor frecuencia como muestra el siguiente gráfico:

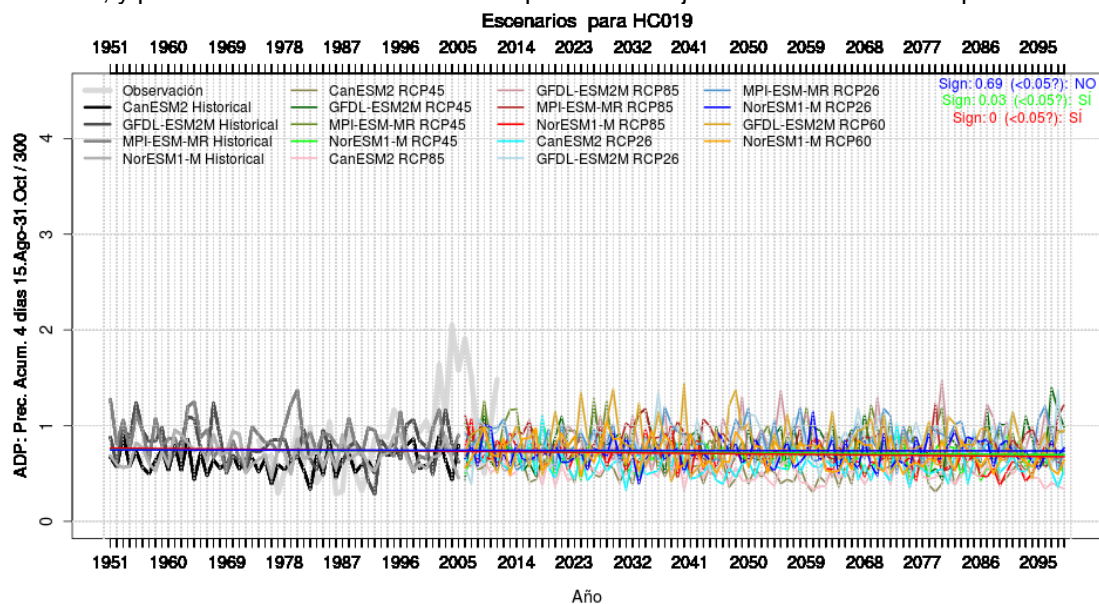


Por el contrario si hay una tendencia significativa (en todas las RCPs) aunque no muy relevante de que aumenten las precipitaciones intensas en el área de San Salvador (786700) y en Potosí en Nicaragua (62002). En estos casos los "picos" se mantienen próximos a la media y por lo tanto la variabilidad entre un año y otro será mucho menor.

## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca



En el caso de Marcovia (HC019) donde las precipitaciones intensas son actualmente más elevadas (sin que la media supere los 300mm), la tendencia es inversa y se prevé una reducción de estas precipitaciones intensas, y por lo tanto en el escenario más pesimista mejorarán las condiciones para el desove.



### b) Condiciones de pesca por golpes de calor

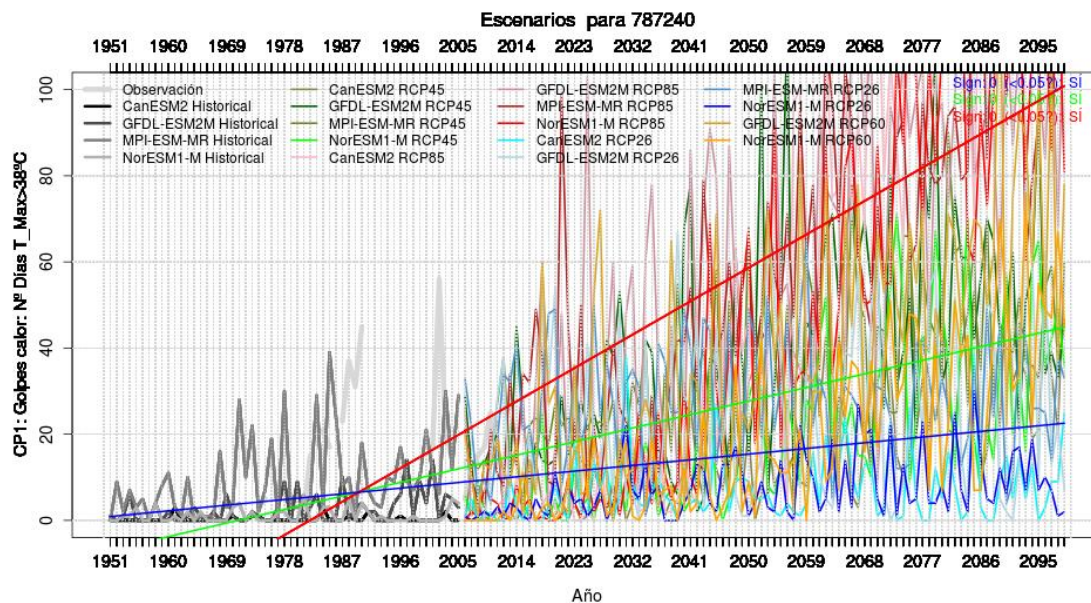
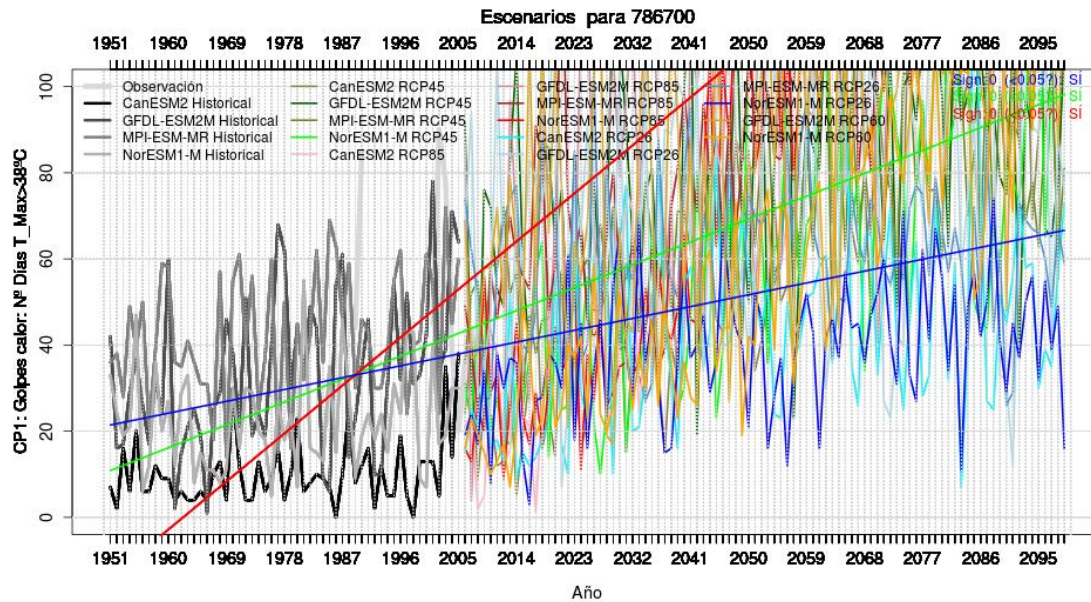
Dos aspectos del clima pueden afectar a las condiciones de pesca: la frecuencia de los golpes de calor y la amplitud de los mismos. El primero de ellos afectará a las especies euritérmicas (ejemplo crustáceos) que se ven afectadas por los cambios bruscos en la temperatura ambiente (no tanto por los cambios graduales), y el segundo a las especies que se estresan por periodos prolongados de altas temperaturas.

Los indicadores utilizados han sido los siguientes:

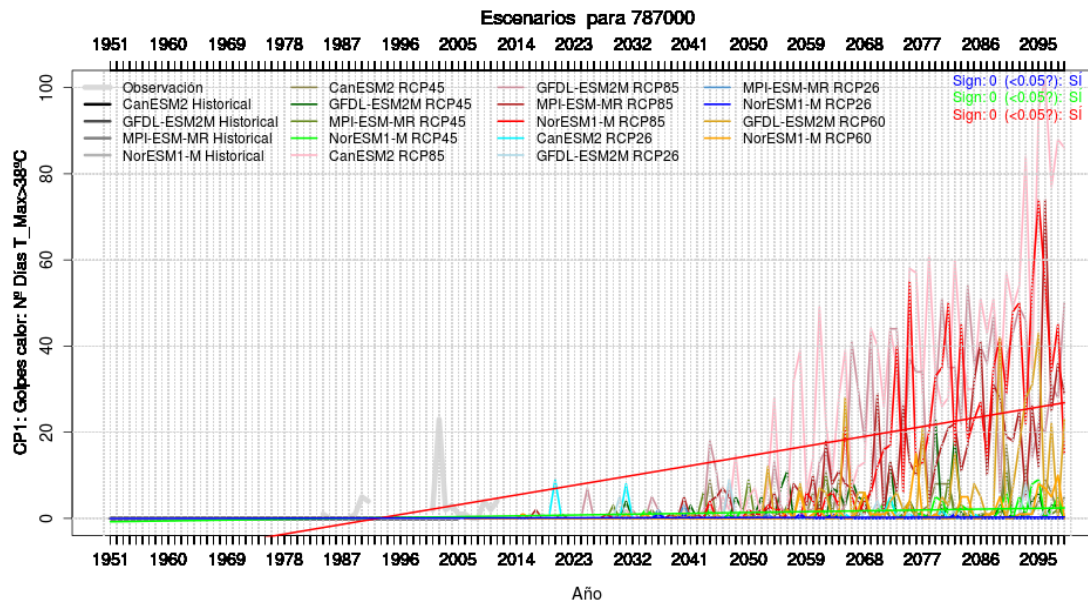
- CP1:** Frecuencia de golpes de calor: Número de días en que las temperaturas máximas superan los 38°C
- CP2:** Amplitud de golpes de calor: Número de episodios en los que se dan más de 5 días consecutivos en los que las temperaturas se incrementan más de 3°C con relación a la media histórica

## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca

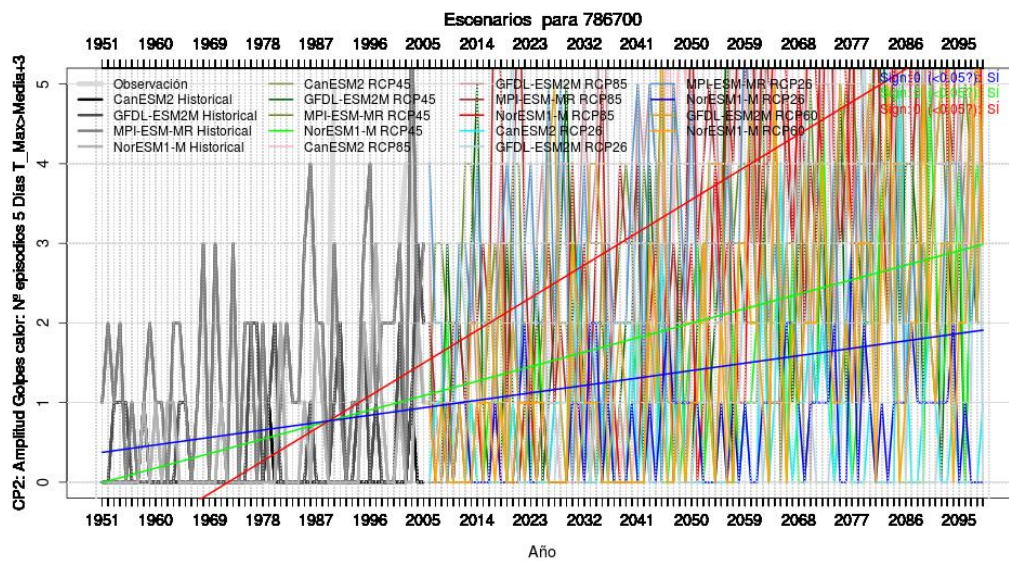
El análisis realizado en áreas en las que se dispone de datos de temperatura confirman una tendencia significativa y muy relevante al aumento de los días en que la temperatura máxima supera los 38°C. En los escenarios medios RCP60 en San Salvador (786700) y Choluteca (787240) se duplicaría el número de días en que se alcanza esta temperatura (San Salvador de 35-40 a 70 días y Choluteca de 15 a 30 días). En Amapala (787000) los cambios se darán en mayor medida en el escenario más pesimista (RCP085) con incrementos desde los 5 hasta los 15 días con esa temperatura.



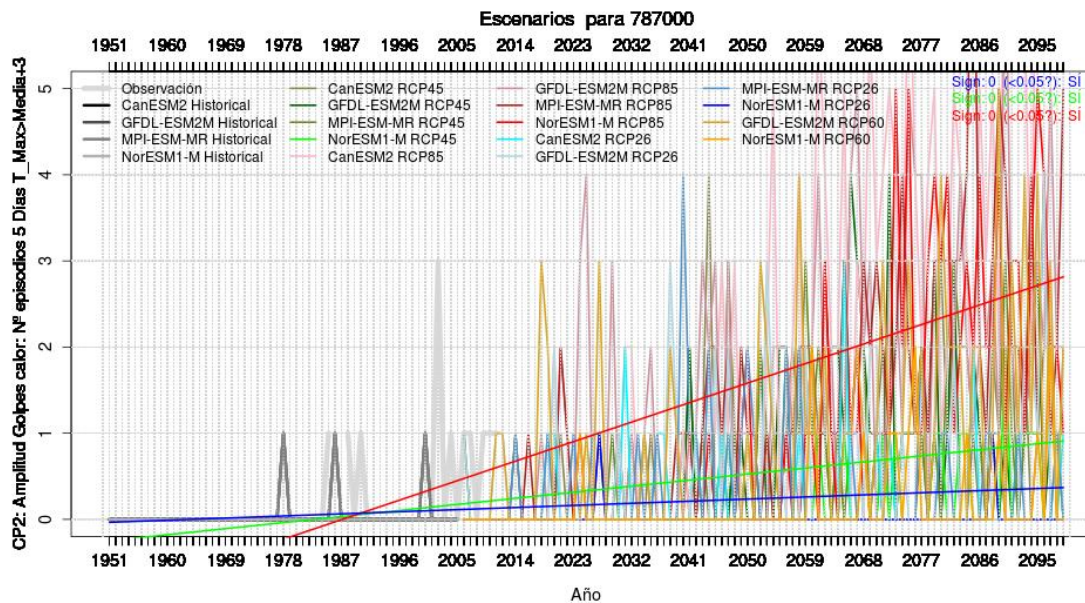
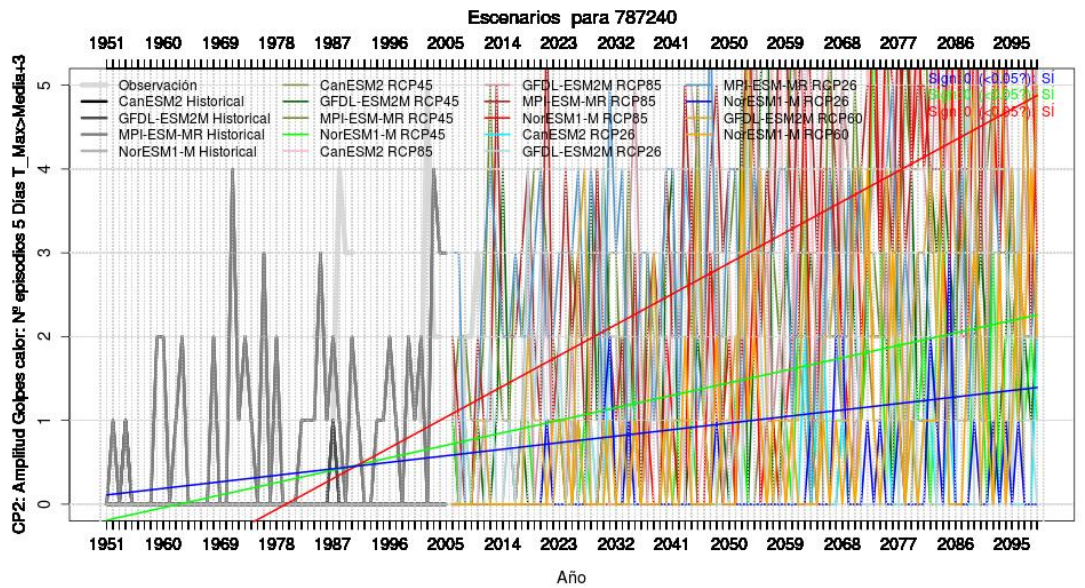
## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca



Los resultados son similares en relación con la amplitud de las olas de calor, con tendencias muy importantes en el incremento de episodios en los que el número de días con temperaturas superiores a los 38°C supera los 5 días. Los aumentos más importantes se darán en el área de San Salvador (786700) y Choluteca (787240) donde se duplicarán estos episodios en el escenario más pesimista alcanzándolos 4 y 3, respectivamente. También los cambios serán significativos para el área de Amapala (787000).



## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca



### 8.2 CAMARONICULTURA

Las consultas realizadas con expertos, empresas de camaronicultura (Honduras) y comunidades donde se realiza la camaronicultura de manera artesanal han llevado a definir cuatro aspectos críticos en los que el clima afecta en mayor medida al cultivo del camarón:

- Influencia de las precipitaciones en las infraestructuras de cultivo del camarón
- Influencia de las temperaturas en el crecimiento del camarón
- Influencia de las temperaturas en el desarrollo y propagación de enfermedades que afectan al camarón
- Influencia de las precipitaciones en la cualidades organolépticas del camarón para su comercialización.

#### a) Infraestructuras para el cultivo del camarón

Uno de los aspectos más importantes en la infraestructura necesaria para la camaronicultura es contar con estanques adecuados para el cultivo. Las precipitaciones intensas pueden afectar a los estanques tanto en el desborde del agua en las infraestructuras más sólidas (producción comercial en Honduras)



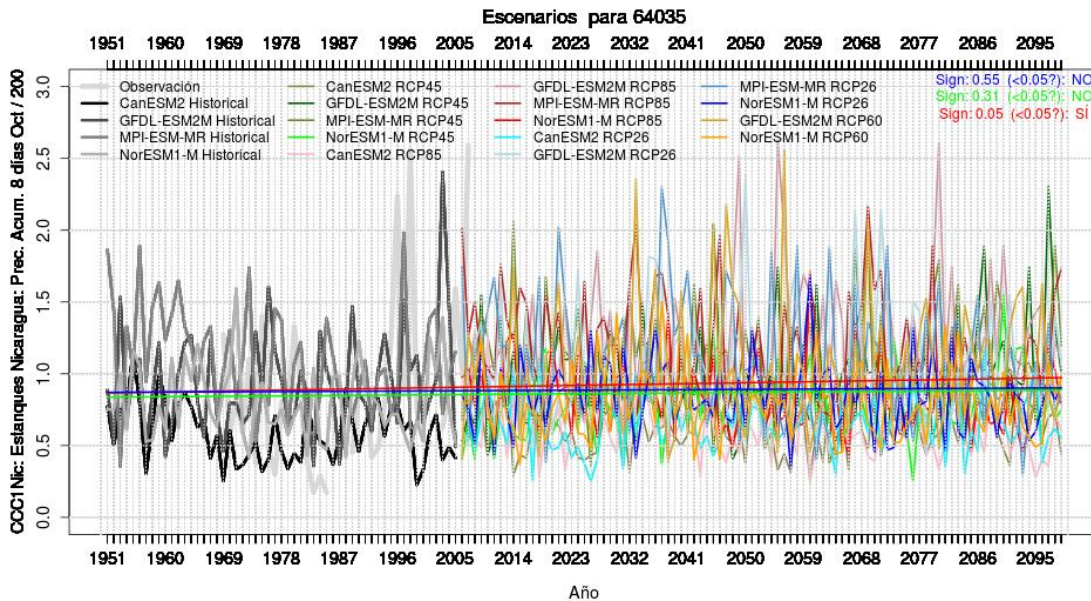
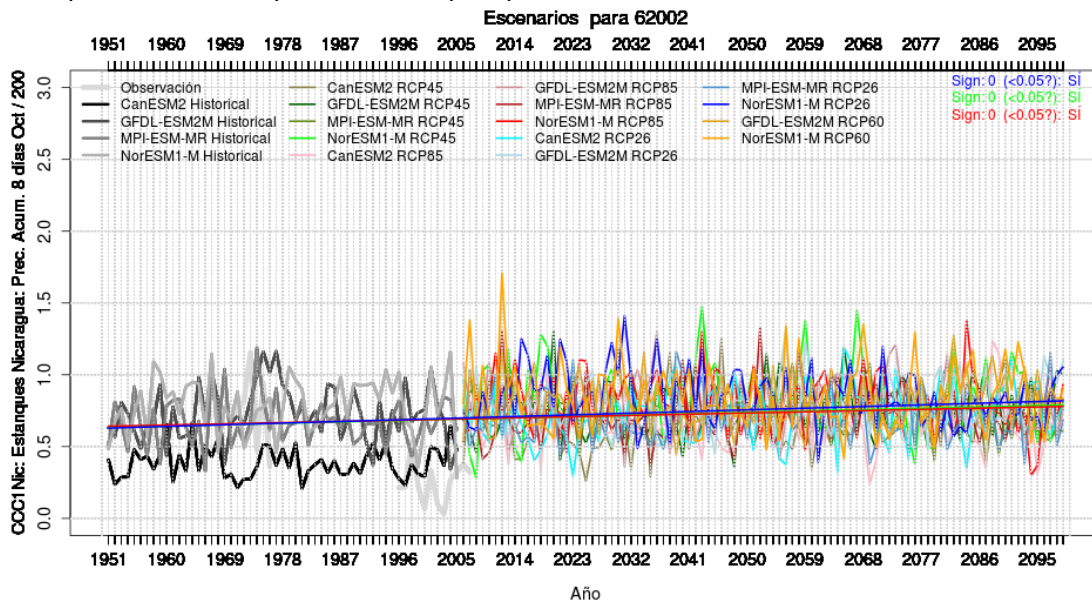
## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca

como en el derrumbe de los estanques en las instalaciones más artesanales (en Nicaragua). Dichas precipitaciones más intensas se dan en el mes de octubre y por ello se analizará con mayor detalle este mes. Por esta razón se han definido dos indicadores de características diferentes:

**CCC1Nic:** Derrumbe de estanques en Nicaragua: Máxima precipitación acumulada (mm) en 8 días consecutivos en el mes de octubre dividido entre 200 mm<sup>7</sup>.

**CCCHon:** Desborde estanques en Honduras. Máxima precipitación acumulada (mm) en 5 días consecutivos en el mes de octubre dividido entre 250 mm.

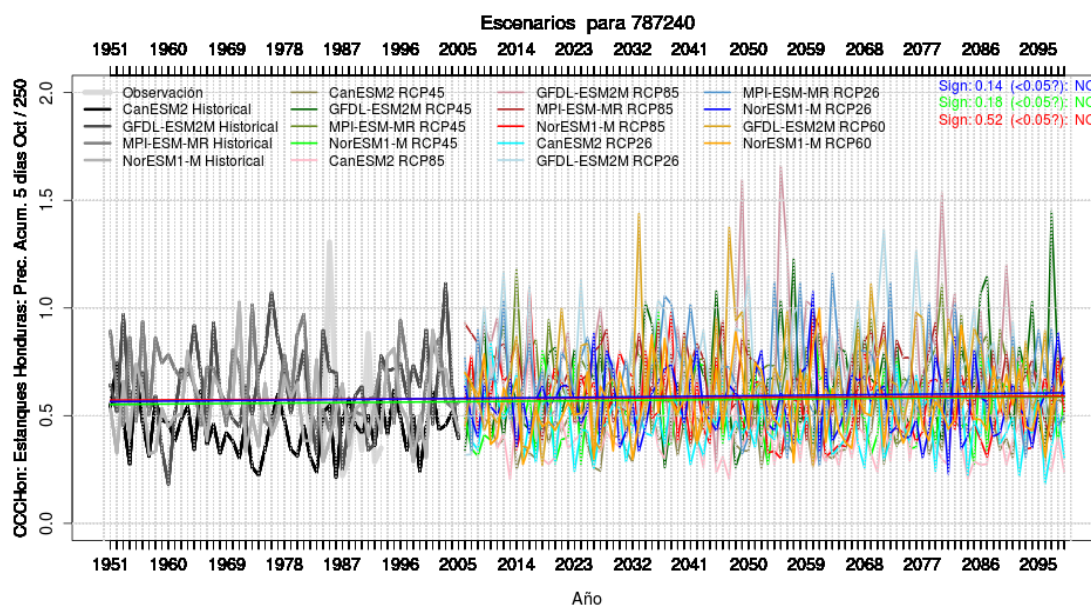
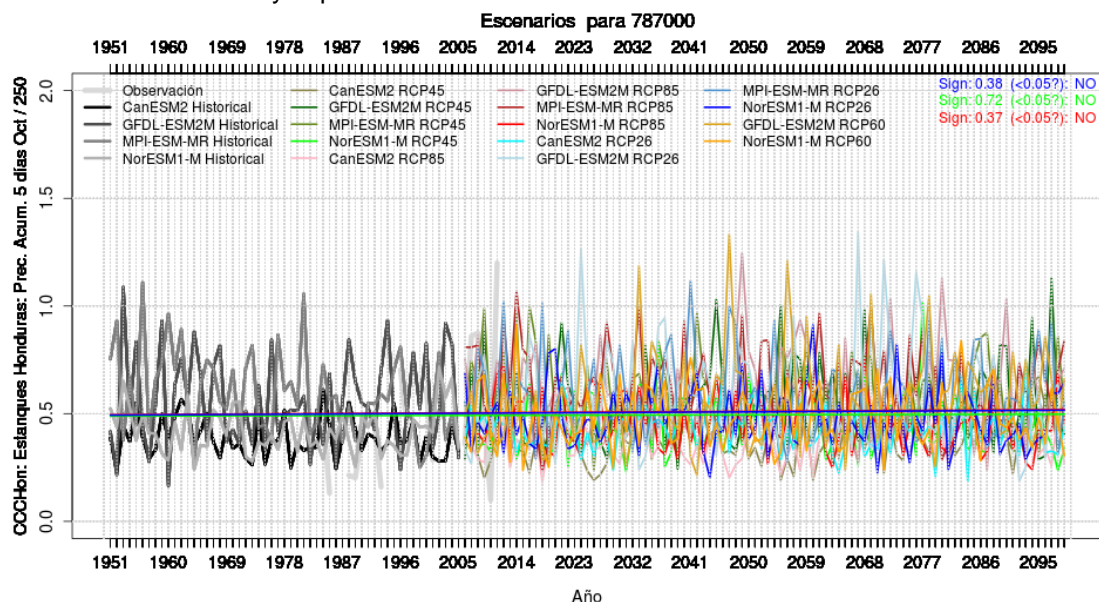
Conforme a la información disponible, en Nicaragua las precipitaciones intensas medias no superan los 200mm en 8 días, aunque en casos como Corinto (62002) los años con mayor precipitación pueden superar los 300mm. Las tendencias prevén un incremento de las precipitaciones intensas en el mes de octubre en todas las RCPs para el caso de Potosí y en la RCP085 para Corinto, donde la media alcanzará los 200mm a medida que avanza el siglo. Por lo tanto se prevé una mayor exposición de los estanques al derrumbe por exceso de precipitación en la camaronicultura artesanal en Nicaragua.



<sup>7</sup> Cuando las mareas son más altas y se puede dar inundación de los estanques

## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca

En relación a Honduras y El Salvador tan solo en Marcovia se observa que las precipitaciones intensas medias se acercan a los 250mm y los superan en muchas ocasiones. En las demás áreas lo más común es contar con precipitaciones máximas del orden de los 125-150mm en 5 días. No existen tendencias significativas en ninguna de las áreas analizadas (San Lorenzo, Marcovia, Amapala, Choluteca y La Unión). Sin embargo, tanto en Amapala (787000) como en Choluteca (787240) si se prevé un incremento de los años en los que las precipitaciones serán intensas superándose cada vez con mayor frecuencia los 250mm y superando en el caso de Choluteca los 350mm.



### b) Crecimiento de Camarón

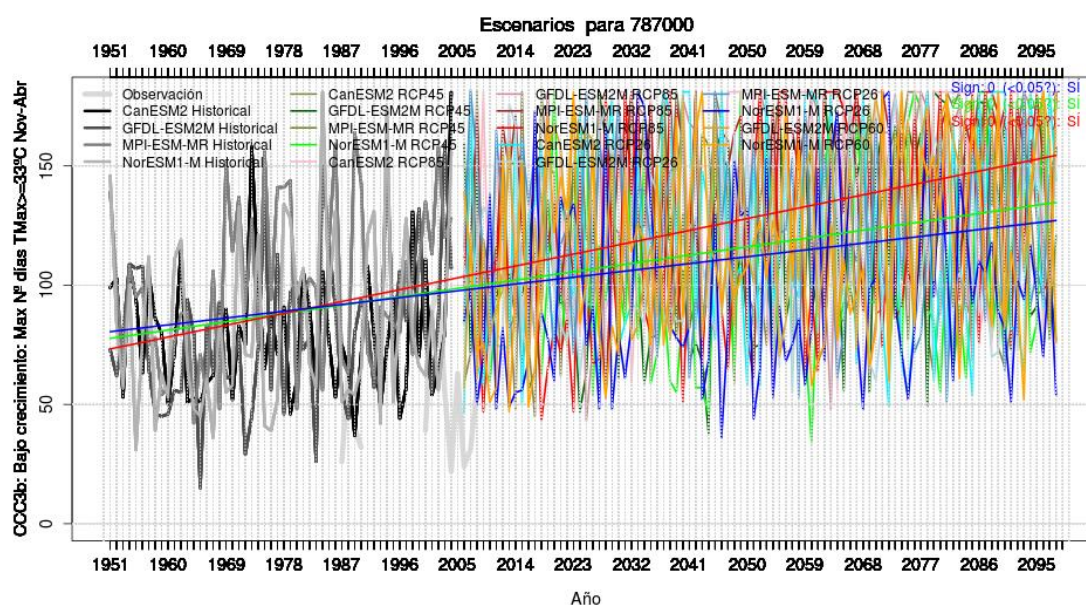
Cuando las temperaturas son muy elevadas y se mantienen durante varios días, el camarón sufre una reducción en su crecimiento, y por lo tanto disminuye el rendimiento de la producción. El indicador utilizado pretende destacar el máximo número de días consecutivos en que se alcanza determinada temperatura (o amplitud continuada del episodio más relevante en el que se alcanza esta temperatura)<sup>8</sup>

<sup>8</sup> Se aplicó también el indicador CCC3a como número de rachas de 6 (o más de 5) días consecutivos en los que la temperatura máxima es mayor o igual a 33°C entre los meses de Noviembre y Abril pero no ofreció resultados

## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca

**CCC3b: Bajo Crecimiento en camarón:** Máximo número de días consecutivos en los que la temperatura máxima es mayor o igual a 33°C entre los meses de Noviembre y Abril<sup>9</sup>

Los resultados obtenidos son parecidos para Choluteca y Amapala, las dos áreas analizadas. La siguiente gráfica muestra el resultado en Amapala, donde la tendencia es a que los días consecutivos al año con temperaturas máximas mayores o iguales a 33°C pasen de los 100 actuales a 120-130 para mediados de siglo (en función del escenario considerado).



### c) Desarrollo y propagación de enfermedades en el cultivo del camarón

En este apartado se han analizado dos enfermedades de gran importancia para el cultivo del camarón: el virus de la mancha blanca y la hepatopancreatitis necrotizante.

El virus de la mancha blanca se propaga en condiciones de temperaturas bajas durante un tiempo largo, por esta razón los indicadores utilizados para su análisis están dirigidos a conocer la amplitud del episodio o racha más larga de días en que las temperaturas quedan por debajo de un determinado umbral (CCC2b)<sup>10</sup>

**CCC2b: Mancha blanca en camarón<sup>11</sup>:** Máximo número de días consecutivos en los que la temperatura mínima es menor o igual a 25°C<sup>12</sup>.

El análisis realizado para Choluteca (787240) y Amapala (787000) muestra una reducción muy sustancial del número de días consecutivos en que se da temperatura mínima por debajo de 25°C, y por lo tanto que cada vez se darán menos las condiciones óptimas para el desarrollo y propagación del virus de la mancha blanca en Camarón. En el caso de Amapala se pasará de los 30 días actuales a menos de

relevantes pues son muchos los días consecutivos en que la temperatura máxima excede los 33°C, y por lo tanto el número de rachas se reduce.

<sup>9</sup> Se entiende con densidades de camarón mayores de 15 pl/m<sup>2</sup>

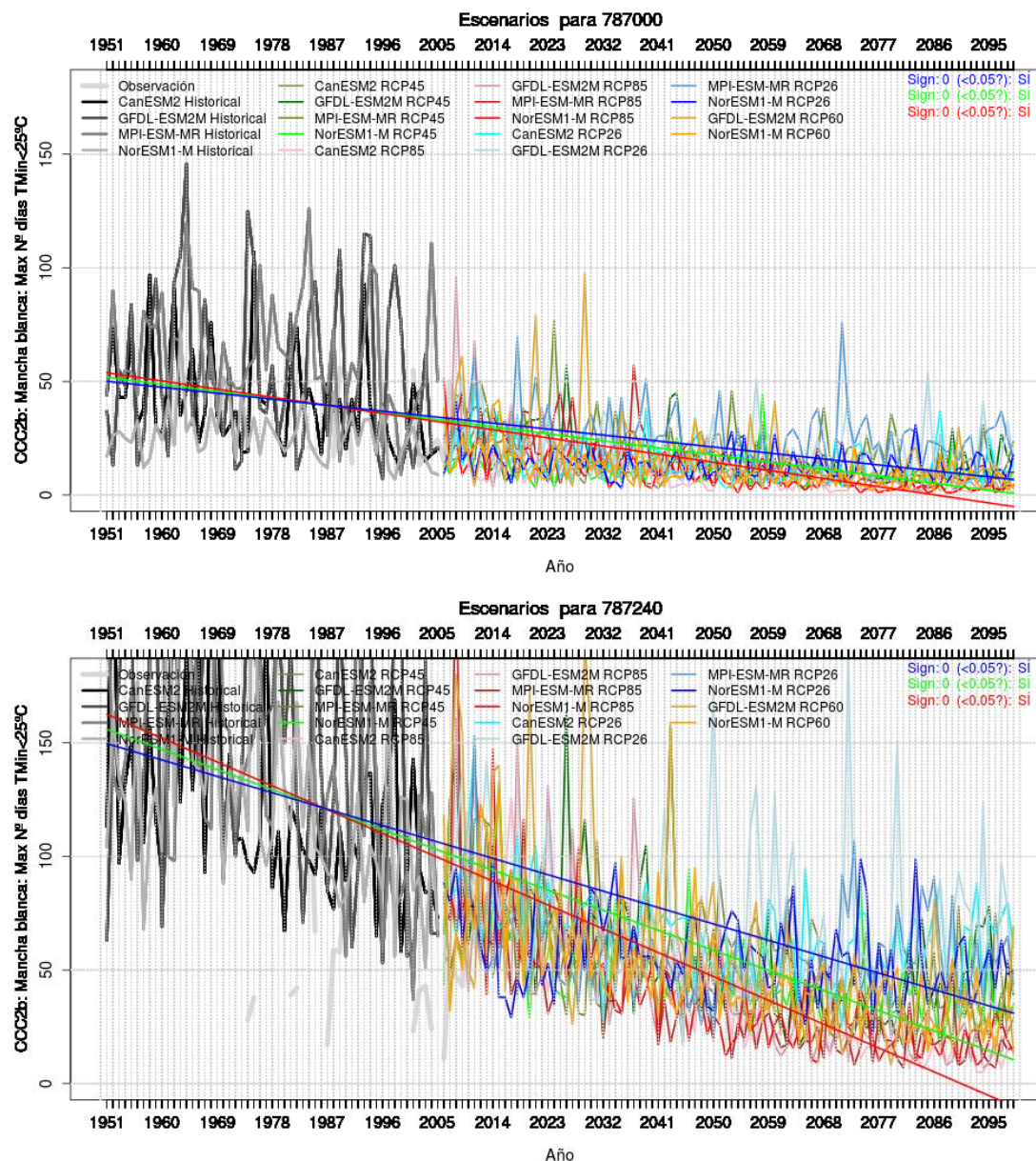
<sup>10</sup> Se analizó también el indicador CCC2a que mide el número de veces en que se dan episodios de temperaturas bajas de al menos 6 días, sin obtenerse resultados relevantes

<sup>11</sup> Cuantos más días consecutivos con temperaturas inferiores a 25° se incrementa la afectación por mancha blanca, fundamentalmente si coincide con los períodos más sensibles del camarón que es entre post larva y 8 gramos (aunque las siembras del camarón son variables a lo largo del año y no se puede ajustar una fecha concreta)

<sup>12</sup> En la aplicación de este indicador se entiende que densidad de camarón actual es mayor a 15 pl/m<sup>2</sup> y no se usa postlarva genéticamente resistente

## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca

10 días a lo largo del año con esas condiciones. En Choluteca los días en que se den estas condiciones se reducirán a la mitad.



La hepatopancreatitis necrotizante se propaga con mayor facilidad con temperaturas elevadas por encima de los 33°C durante varios días consecutivos en la ausencia de lluvia. Los indicadores seleccionados están dirigidos a medir en qué medida se va a incrementar el número de episodios favorables para el desarrollo de esta enfermedad, y si la el número de días del episodio o racha máxima (en el que se da el máximo número de días con temperatura máxima mayor de 33°C se va a ampliar):

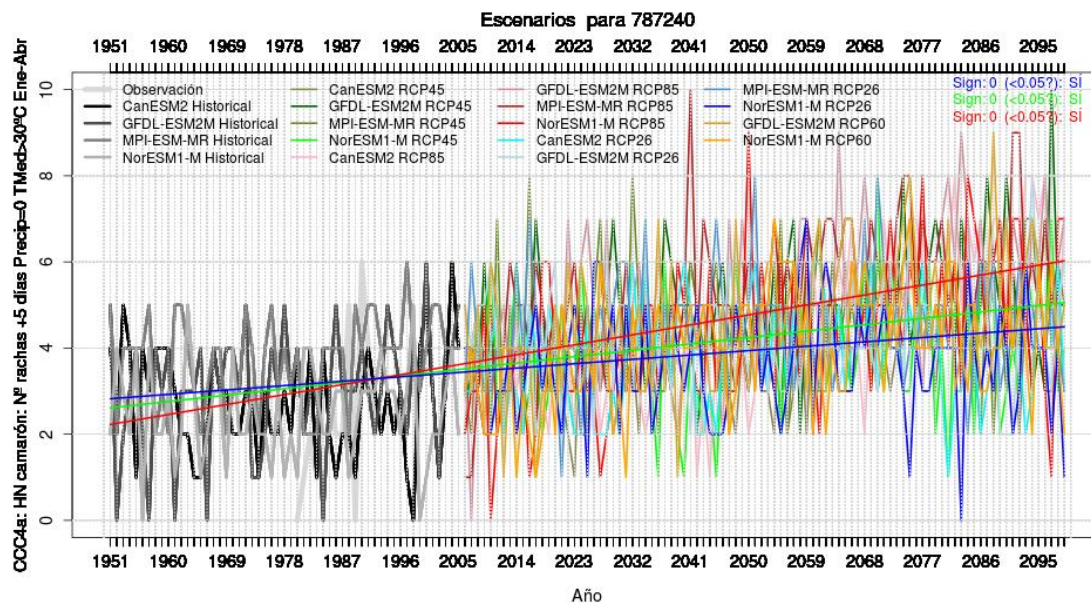
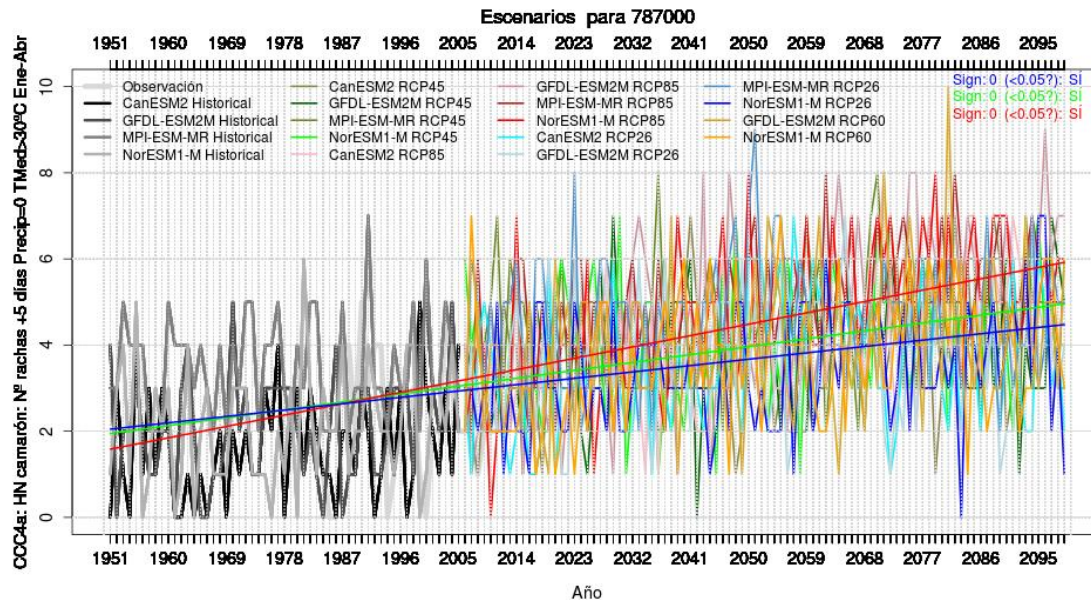
**CCC4a:** NHP (Hepatopancreatitis Necrotizante) en camarón<sup>13</sup>: Número de rachas de 6 (o más de 5) días consecutivos en los que no hay precipitación y la temperatura media es mayor de 30°C entre los meses de Enero y Abril.

**CCC4b:** NHP (hepatopancreatitis necrotizante) en camarón: Máximo número de días consecutivos en los que no hay precipitación y la temperatura media es mayor de 30°C entre los meses de Enero y Abril.

<sup>13</sup> Ocurre en lugares donde la enfermedad es zoonótica. Esta enfermedad está relacionada a la salinidad entendiendo que se da en condiciones en que la salinidad está en 40 ppm o más.

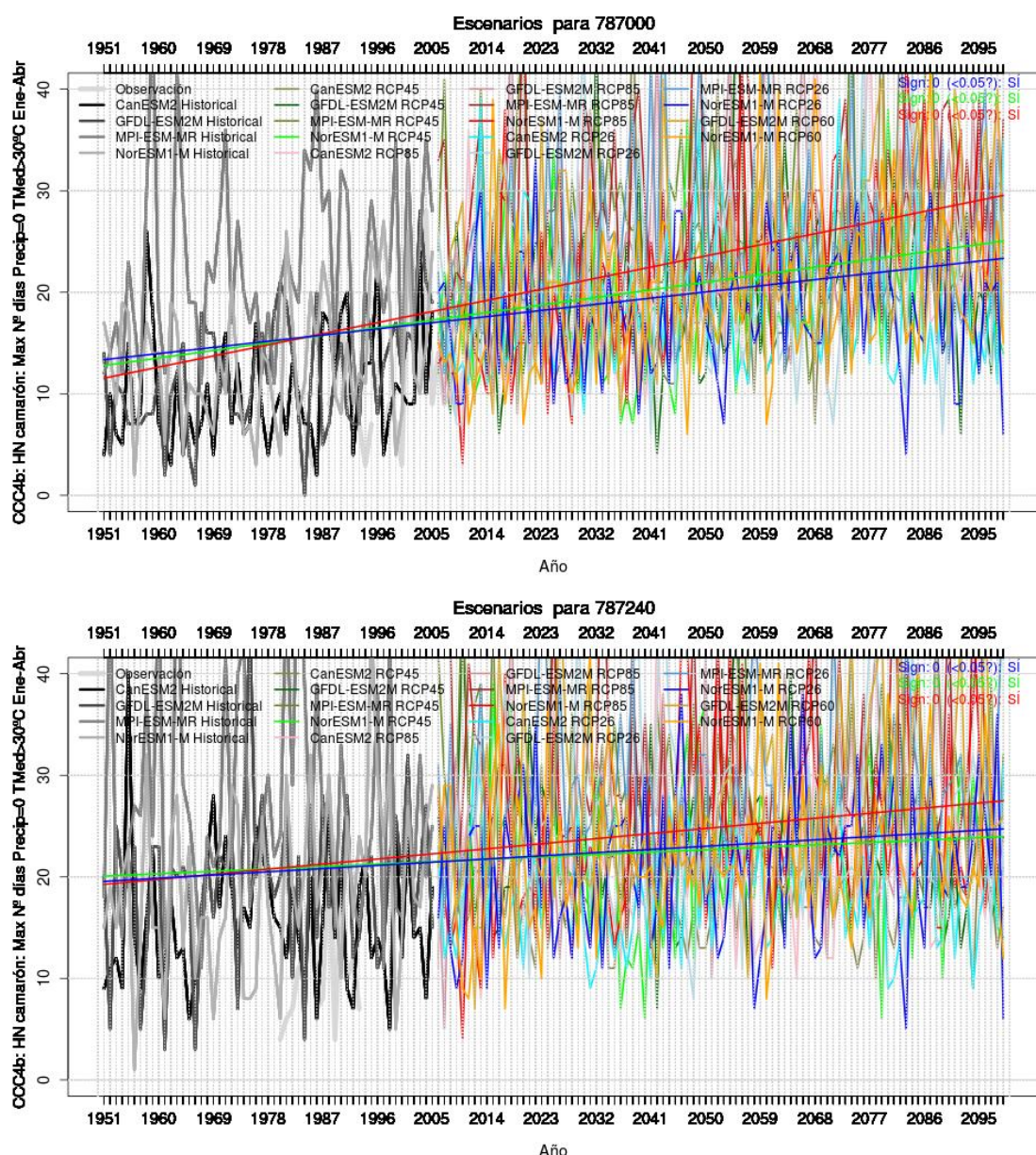
## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca

Las gráficas obtenidas para el CCC4a muestran un incremento muy importante en el número de episodios en los que se dan las condiciones para el desarrollo de la enfermedad. En el caso de Amapala (787000) y de Choluteca (787240), estaciones seleccionadas para este análisis, se observa que para mediados de siglo en el escenario más pesimista habrá un incremento de, al menos, un episodio (adicional a los ya existentes) en el que se dan esas circunstancias.



Con relación a la amplitud de la racha máxima, también se encuentran resultados relevantes en la mejora de las condiciones para el desarrollo de la enfermedad. El incremento mayor se da en el caso de Amapala (787000), donde la racha máxima de días en que se dan condiciones óptimas para el desarrollo y propagación de la enfermedad se amplía de 18 a 25 días para mediados de siglo. En el caso de Choluteca (787240) el incremento será menor, pero también es significativo

## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca



### d) Calidad comercial del camarón

Según los cultivadores artesanales de camarón, uno de los aspectos que más repercute en los precios de venta es el mal sabor del camarón producido por el exceso de algas. Es lo que se denomina “camarón choclo”. Este fenómeno está relacionado con el clima pues las algas se desarrollan y multiplican cuando debido a la precipitación intensa baja la salinidad y posteriormente se incrementa la densidad de algas por reducirse las lluvias. Los indicadores utilizados han sido los siguientes:

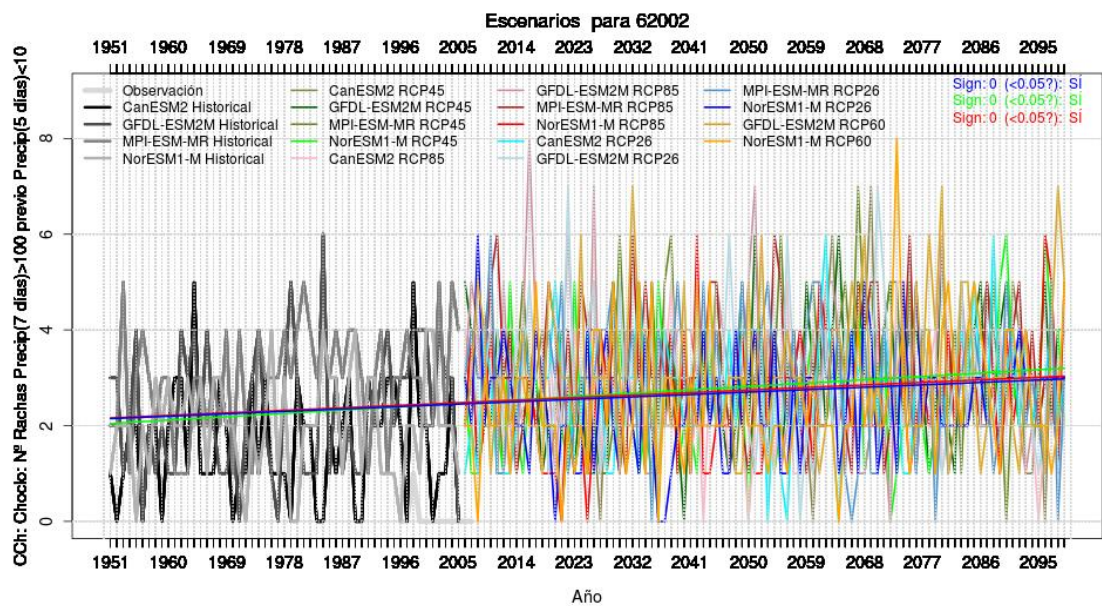
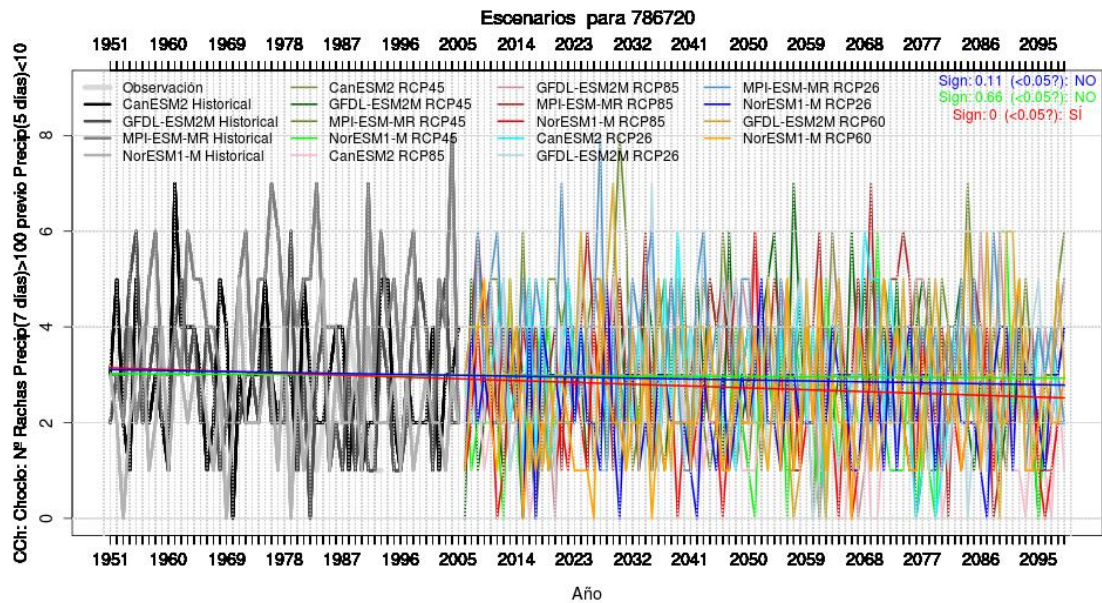
**CCh1: Camarón Choclo episodios en el año:** Número de rachas de 7 días de lluvia (consecutivos) en los que la precipitación acumulada es mayor a los 100mm previos a rachas de 5 días consecutivos con precipitación acumulada inferior a los 10mm

**CCh2: Camarón Choclo precipitación acumulada octubre<sup>14</sup>:** Máxima precipitación acumulada en 7 días consecutivos previos a 3 días con precipitación acumulada inferior a 10mm en los meses de septiembre y octubre dividido entre 100mm

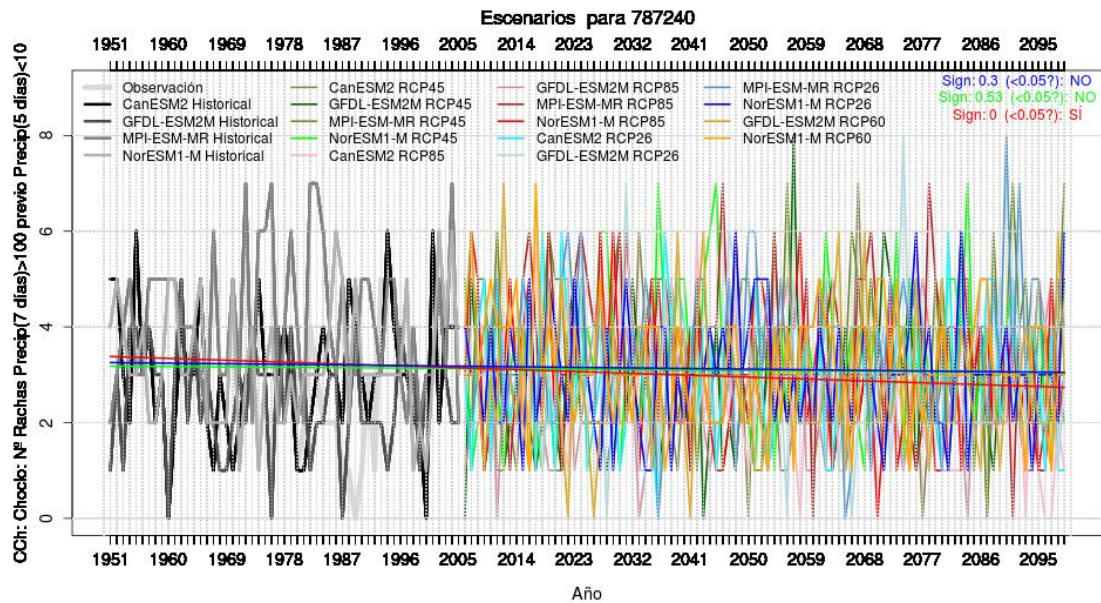
<sup>14</sup> Esta circunstancia se da fundamentalmente en octubre y noviembre

## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca

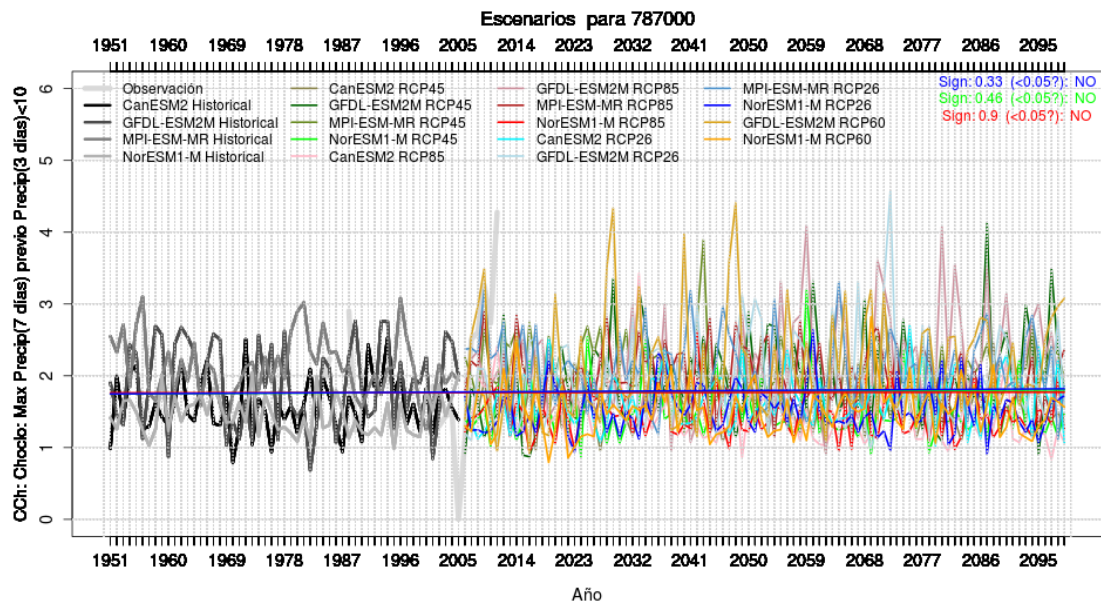
El análisis de las gráficas obtenidas del CCh1 resulta en que en algunas áreas analizadas no habrá cambios de tendencia en las condiciones mencionadas de número de episodios a los largo del año (Corinto, Amapala, Marcovia y San Lorenzo). Por un lado se detecta una tendencia a empeorar las condiciones en Potosí (62002) donde con mucha más frecuencia que la actual se darán 7 e incluso 8 episodios durante el año de lluvias intensas seguida de baja precipitación y a mejorar en La Unión (786720) y Choluteca (787240).



## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca



Por lo que respecta al segundo indicador centrado en los meses de mayor precipitación se prevé también un incremento de la máxima lluvia acumulada previa a momentos de baja precipitación en Potosí y una reducción en Choluteca. En el resto de estaciones analizadas no se prevén cambios en la cantidad de precipitación. Es interesante destacar que en áreas como Amapala (787000), aunque la tendencia se mantenga, los escenarios predicen una mayor frecuencia de casos en los que la máxima precipitación acumulada en 7 días previos a lluvias escasas supera los 400mm, lo que puede influir en mayor frecuencia de camarón choclo.





## **9. CONCLUSIONES**

Los resultados de verificación son muy buenos tanto para precipitación como para temperatura, salvo algunos pequeños detalles. Es decir, la metodología FICLIMA es capaz de simular la precipitación y temperatura observadas a partir del reanálisis NCEP (“observaciones” de los estados atmosféricos).

Los resultados de validación son también muy buenos para el modelo alemán, tanto para precipitación como para temperatura, siendo el que mejores resultados ofrece de los cuatro utilizados para prácticamente todos los observatorios y variables. El modelo canadiense y el noruego ofrecen resultados de verificación aceptables, aunque infraestiman claramente la precipitación (el primero especialmente el máximo de septiembre y el segundo el de junio), y sobreestiman también de forma apreciable la temperatura máxima de julio a octubre. El modelo americano es claramente el que peores resultados de verificación para precipitación ofrece, ya que no representa el máximo de junio, ni por tanto la canícula. Esta incapacidad para representar las características esenciales de la precipitación en la zona hacen que, si es posible (y en este caso lo es porque hay otros modelos con resultados buenos o razonables), este modelo no debe utilizarse en zonas donde la canícula está bien definida. En temperatura los resultados de verificación de este modelo americano son quizá también los peores, aunque de forma menos clara.

Respecto a los cambios que simulan los modelos para mediados de siglo (promedio 2041-2070), todos ellos coinciden en un claro aumento de las temperaturas máximas y mínimas, especialmente en los meses centrales del año, que pueden alcanzar entre 2 y 3°C según el modelo y el observatorio, para el RCP más desfavorable (8.5). También coinciden todos los modelos en que a mayor RCP, mayor calentamiento, es decir, que los esfuerzos por mitigar el cambio climático, reduciendo las emisiones y la presencia en la atmósfera de los gases de efecto invernadero, tienen un claro efecto, reduciendo notablemente el calentamiento.

No obstante estas conclusiones generales, y que aquí se hayan ofrecido resultados de cuatro estaciones en aras a la brevedad, estos análisis de verificación y validación, y los cambios a futuro que sugiere cada modelo, deben realizarse a escala local, para el observatorio de interés para el punto de estudio.

El análisis de los indicadores definidos permite concluir que en general se prevé un adelanto en la entrada del invierno de hasta una semana en el escenario más pesimista. En aproximadamente la mitad de las estaciones analizadas este adelanto del invierno irá acompañado de un adelanto de la canícula, que en algunos casos como Nacaome podría adelantarse a mediados de siglo hasta finales de junio.

La extensión de la canícula también se incrementará de manera generalizada en el escenario más pesimista (RCP085). En algunas áreas como Chinandega (Nicaragua) y Namasigüe (Honduras) la canícula se extenderá para todos los RCPs ampliándose en dos o tres días de media para mediados de siglo. La canícula será más rigurosa (con temperaturas más elevadas) en Chinandega, Corinto y Amapala. Tan solo en las áreas de influencia de San Miguel en El Salvador la canícula reducirá su extensión, aunque será más intensa con temperaturas más elevadas.

Las fechas de entrada de la postrera no sufrirán variaciones pero si habrá un retraso importante en el final de las lluvias de postrera que se dilatará de 5 a 7 días más, para finalizar en torno a mediados de noviembre.

En cuanto a los granos básicos, las condiciones para las siembras de primera llegarán antes (una a dos semanas), acompañando el adelanto en la entrada del invierno. Este adelanto permitirá que las siembras de primera (maíz y maicillo) no se vean tan afectadas por el adelanto de la canícula. Las siembras de postrera (maíz y frijol) no sufrirán cambios, aunque los/as productores/as se enfrentarán a una mayor

## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca

incertidumbre pues se prevé un incremento considerable de la variabilidad de las condiciones para la siembra efectiva entre un año y otro.

Ni en primera ni postrera se detecta que vayan a existir peores condiciones de déficit o exceso de lluvias para la germinación y emergencia del maíz, maicillo y frijol. Incluso lo que se prevé en algunos lugares donde es habitual el exceso de lluvias como Marcovia o Namasigüe es que las condiciones sean mejores con menor saturación de agua de los suelos en estas etapas de desarrollo.

En particular para el maíz, no parecen preverse complicaciones en la disponibilidad de lluvia para floración y cuajado del grano, aunque las lluvias tenderán a ser más intensas en los años con mayor precipitación en los municipios fronterizos entre los tres países. Las condiciones de cosecha y secado del maíz en primera mejorarán por la reducción de las precipitaciones. Por el contrario, en postrera el aumento de precipitación podrá dar problemas tanto en la dobla como el tapizado con incremento de plagas y enfermedades en la mazorca y mayor riesgo de pudrición.

En relación con el maicillo en primera, se prevé una reducción de las lluvias intensas en las etapas de floración y maduración por lo que no se prevén mayores problemas por temporales. Por un lado mejorarán las condiciones para el desarrollo del maicillo en esta etapa por el incremento de las temperaturas mínimas nocturnas, pero empeorarán por el aumento de las olas de calor. Las precipitaciones no se modificarán sustancialmente en la cosecha y postcosecha, aunque aumentarán en unas zonas (Corinto) y se reducirán en otras (Marcovia), lo que favorecerá en esta última las labores de cosecha y secado.

En el caso del frijol, las condiciones de lluvia y humedad de postrera aumentarán, garantizando la disponibilidad del agua necesaria para este cultivo en el Golfo de Fonseca (más de 300mm en todo el ciclo). El incremento previsto de las temperaturas mínimas nocturnas por encima de los 21°C hará también más viable este cultivo que tendrá que enfrentar cada vez menos este limitante. El comportamiento de las lluvias en la etapa de floración y llenado del grano será diferente en función de la ubicación, mejorándose las condiciones por reducción de las lluvias intensas en áreas como Marcovia y empeorándose en áreas como Villanueva. Excepto en el caso de San Lorenzo y Somotillo, las fases de cosecha y post-cosecha del frijol en postrera se complicarán por un incremento de las precipitaciones. Namasigüe será el municipio donde las condiciones serán más difíciles.

No se prevé que el ajonjolí vaya a estar más afectado por exceso de precipitación en la fase de siembra y emergencia, y tampoco en las fases de floración y maduración. Sin embargo si se verá afectado por mayores temperaturas en estas últimas etapas de manera tenue en las áreas de cultivo habitual en el Norte de Nicaragua y muy acentuada en municipios como Choluteca. El aumento de las precipitaciones en el momento de la cosecha y post-cosecha complicará las tareas de secado en los municipios del norte de Nicaragua.

Otro de los medios de vida analizados, la sandía, no se prevé que vaya a tener problemas en sus condiciones de siembra en primera y postrera. En primera se prevé cierto incremento de lluvias para los escenarios más pesimistas en el Norte de Nicaragua y municipios limítrofes de Honduras con El Salvador, pero no alcanzan a ser lluvias problemáticas por su intensidad. En postrera se prevé una reducción generalizada de precipitaciones intensas por lo que las circunstancias serán más favorables para las siembras. Tampoco se verán afectadas las siembras en humedales pues se prevé que las precipitaciones se mantendrán escasas en el periodo clave para estas siembras. La cosecha no se verá afectada en primera por temporales de lluvia, y las condiciones de las lluvias en las siembras de postrera tampoco van a ser preocupantes para la cosecha. En algunos casos como en Marcovia las lluvias intensas prevén reducirse en la época de cosecha por lo que se darán mejores condiciones para su producción.

En las musáceas las condiciones para las siembras en primera no sufrirán problemas por exceso de lluvias, aunque sí se presentarán mayores problemas de pre-maduración de los frutos por el adelanto de las lluvias en el mes de abril en Nicaragua y por el incremento de lluvias en el mes de mayo en los municipios fronterizos entre Honduras y El Salvador. La extensión de la canícula también tendrá una influencia importante en este cultivo detectándose el incremento de problemas de déficit hídrico en los municipios fronterizos entre Honduras y El Salvador, y también en Somotillo y Amapala.

## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca

La yuca se verá afectada de manera muy diferente en función del área del Golfo de Fonseca: tenderá a verse más afectada por inundaciones en municipios como Villanueva, Somotillo y Corinto, en cambio encontrará mejores condiciones en el futuro en Chinandega, Jiquilillo, Marcovia, El Triunfo y amasigüe.

La ganadería bovina en el Golfo de Fonseca se va a ver afectada por el incremento de temperaturas en los meses de marzo y abril. Los escenarios confirman un incremento sustancial y significativo de las temperaturas por encima de los 38°C en Choluteca, Chinandega, Corinto y las áreas de influencia de la estación de San Salvador. Sin embargo, la reducción de las lluvias intensas entre los meses de septiembre y octubre garantizan un beneficio para la producción ganadera en municipios como Chinandega, Choluteca, Namasigüe y Marcovia.

En el sector pesca, no se detecta una tendencia hacia el incremento de precipitaciones intensas que afecten al desove de las principales especies (camarón blanco, crustáceos, moluscos y peces de escama), excepto en caso de las áreas de influencia de la estación de San Salvador y Potosí en Nicaragua. Por el contrario en municipios como Marcovia la tendencia es inversa, pues se prevé una reducción de las lluvias intensas en el escenario RCP085 y por lo tanto mejores condiciones para el desove. En algunos casos se prevé además un incremento en el número de “picos” en que se alcanzan lluvias muy intensas que pueden afectar al desove principalmente en el caso de la Unión en El Salvador.

El incremento de las temperaturas también tendrá un papel clave en las condiciones de pesca pues se confirma una importante tendencia al aumento de los días en los que la temperatura esta por encima de los 38°C y a la mayor amplitud de las olas de calor (días consecutivos). Se prevén complicaciones por este factor en San Salvador, Choluteca y Amapala.

El cultivo del camarón se verá afectado por diferentes factores relacionados con el clima. En primer lugar se prevé una mayor exposición de las infraestructuras de los estanques a las precipitaciones intensas, con efectos en los derrumbes de los estanques en las áreas de cultivo artesanal en áreas como Corinto y Potosí en Nicaragua. En menor medida se verán afectadas las instalaciones comerciales de Honduras por rebasamiento de los estanques, aunque en Amapala y Choluteca se predice un incremento de los años en los que las precipitaciones serán más intensas alcanzando cotas en las que sí es más probable el rebasamiento.

El camarón tendrá que enfrentar un mayor número de días consecutivos con temperaturas elevadas que pueden influir en su crecimiento y en el rendimiento de la producción. En cuanto a las condiciones para el desarrollo de enfermedades como la mancha blanca, el aumento de las temperaturas mínimas influirá en que las condiciones adecuadas para la propagación de este virus sean cada vez menos adecuadas, por lo que el efecto del cambio climático será positivo. Por el contrario, sí que se darán mejores condiciones para el desarrollo de la hepatopancreatitis necrotizante tanto por el cada vez mayor número de episodios en los que se dan condiciones climáticas para el desarrollo de la enfermedad como por el incremento en el número de días consecutivos en que se darán dichas condiciones.

Finalmente, la calidad de la producción artesanal del camarón puede verse afectada por el incremento de lluvias que influyan en la salinidad del agua y ofrezcan condiciones óptimas para el desarrollo de algas, dando origen a camarón choclo con propiedades organolépticas castigadas via precio por el mercado. Las tendencias son diversas, por un lado las condiciones para camarón choclo tienden a darse en mayor medida en Potosí y por el contrario las condiciones mejorarán en La Unión y Choluteca.

## **ANEXO 1. INDICADORES PARA EL ANÁLISIS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS MEDIOS DE VIDA DEL GOLFO DE FONSECA**

### **A. Indicadores generales que se tomarán de referencia para analizar algunos de los medios de vida**

- **Indicador “inicio del invierno”:** Dirigido a analizar la viabilidad/pérdidas de las siembras de primera y la pertinencia de fechas de siembra. Primer día (con precipitación superior a 2 mm) a partir del 1 de abril en el que se inicia un ciclo de 4 días con precipitación acumulada superior a 20mm.
- **Indicador “inicio de la canícula”:** Primer día de la racha máxima de días consecutivos en el que la precipitación acumulada de ese día y los 4 posteriores es inferior a 10 mm, entre los días 40 y 90 de inicio del invierno
- **Indicador “duración de la canícula”:** Dirigido a analizar condiciones de cultivo. Máximo número de días consecutivos en los que la precipitación acumulada de ese día y los 4 posteriores es inferior a 10 mm, entre los días 40 y 90 de inicio del invierno.
- **Indicador “inicio de postrera”.** Dirigido a analizar la variabilidad/pérdidas del inicio de las siembras de postrera. Primer día (con precipitación superior a 2 mm) a partir del 25 de julio en el que se inicia un ciclo de 4 días con precipitación acumulada superior a 20mm
- **Indicador “fin de postrera”.** Dirigido a analizar humedad en periodo de cosechas de cultivos de postrera o siembras en humedales (sandía). Primera fecha a partir del 1 de noviembre en la que se dan 8 días consecutivos con precipitación acumulada igual o inferior a 2 mm

### **B. Indicadores específicos maíz**

#### **MAIZ DE PRIMERA**

- **Indicador de siembra de primera (ISMPr):** Primer día a partir del 1 de abril en el que llueve menos de 5mm en 3 días, en que los 4 anteriores llueve más de 20mm y en los 10 posteriores llueve más de 20mm
- **Indicador de condiciones de emergencia/crecimiento por escasez de agua EN PRIMERA (IEscEMPr):** “Precipitación acumulada (mm) en el periodo 1-25 días de la siembra dividido entre 40 mm
- **Indicador de condiciones de emergencia/crecimiento por exceso de agua EN PRIMERA (IExEMPr):** “Precipitación acumulada (mm) entre el día 1 y 25 de la siembra dividido entre 150 mm
- **Indicador De “floración” (IFMPr):** Precipitación acumulada entre el día 35 y 50 DDSPr dividido entre 60mm (es más favorable cuanto mayor de 1 sea el cociente y más desfavorable cuanto menor de 1 sea el cociente)
- **Indicadores de Severidad de la canícula (ISevCAN):** Dirigido a analizar cuajado y llenado de grano. Ligado a rendimiento: Numero de días en el periodo 40-90 días DDSPr en los que se registra una Tª mayor o igual a los 38º y la precipitación acumulada en ese día y los cuatro anteriores es inferior a 2 mm.
- **Indicadores de Cosecha en Primera (ICCM2Pr)** (el maíz no se dobla). Exceso de humedad para tapizar y almacenar el maíz (<18-20% humedad): Precipitación acumulada (mm) entre los 100-130 días del DDSPr dividido entre 150mm (es más desfavorable cuanto mayor de 1 sea este cociente, es más favorable cuanto menor de 1 sea el cociente).

#### **MAIZ DE POSTRERA**

- **Indicador de siembra Postrera (ISMPos):** Primer día desde EL INICIO DE LA POSTRERA en el que en el que llueve menos de 10mm en 3 días, en que los 4 anteriores llueve más de 20mm y en los 10 posteriores llueve más de 20mm.
- **Indicador de condiciones de emergencia/crecimiento por escasez de agua en Postrera (IEscEMPos):** “Precipitación acumulada (mm) en el periodo 1-25 días de la siembra de postrera (DDSPos) dividido entre 40 mm

## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca

- **Indicador de condiciones de emergencia/crecimiento por exceso de agua en Postrera (IExEPos):** “Precipitación acumulada (mm) entre el día 1 y 25 de la siembra de postrera (DDSPos) dividido entre 150 mm
- **Indicador De “floración” en Postrera (IFMPos):** Precipitación acumulada entre el día 35 y 50 DDSPos dividido entre **120mm** (es más favorable cuanto mayor de 1 sea el cociente y más desfavorable cuanto menor de 1 sea el cociente)
- **Indicadores “condiciones de cosecha maíz”:** Dirigido a analizar las pérdidas por condiciones adversas para la cosecha:
  - Cuando se dobla el maíz. Exceso de humedad tras dobla maíz: **ICCM1:** Precipitación acumulada (mm) en el periodo **80-110** DDSPos dividido entre 150 mm (es más desfavorable cuanto mayor de 1 sea este cociente, es más favorable cuanto menor de 1 sea el cociente)
  - Cuando el maíz no se dobla. Exceso de humedad para tapizcar y almacenar el maíz (<18-20% humedad): **ICCM2Pos:** Precipitación acumulada (mm) entre los 100-130 DDSPos dividido entre 150mm (es más desfavorable cuanto mayor de 1 sea este cociente, es más favorable cuanto menor de 1 sea el cociente)

### MAZILLO

- **Indicador de siembra (ISMPPr):** Primer día a partir del 1 de abril en el que llueve menos de 5mm en 3 días, en que los 4 anteriores llueve más de 20mm y en los 10 posteriores llueve más de 20mm
- **Indicador de condiciones de emergencia por escasez de agua (IEscESor):** “Precipitación acumulada (mm) en el periodo 1-25 días de la siembra dividido entre 20 mm
- **Indicador de condiciones de emergencia por exceso de agua (IExE):** “Precipitación acumulada (mm) entre el día 1 y 25 de la siembra dividido entre 150 mm
- **Indicadores “condiciones de cultivo maicillo”:** Dirigido a analizar cuajado y llenado de grano. Ligado a rendimiento.
  - **ICCult1:** Número de días con T<sup>a</sup> máxima superior a 35°C entre los 65 y 120 días desde el inicio de LA SIEMBRA
  - **ICCult2:** Número de días con T<sup>a</sup> mínima inferior a 21°C entre los 65 y 120 días desde el inicio de LA SIEMBRA
- **IFMa:** Floración. Índice de temporal. Precipitación máxima acumulada (mm) en 7 días consecutivos entre el día 61 y el 90 desde el inicio de LA SIEMBRA dividido entre 300mm (es más desfavorable cuanto mayor de 1 sea este cociente -condiciones de temporal-, es más favorable cuanto menor de 1 sea el cociente)
- **Indicador “condiciones de cosecha maicillo”:** Dirigido a analizar las pérdidas por condiciones adversas para la cosecha: **ICCM1:** Precipitación acumulada (mm) entre los 120 - 160 días del inicio de LA SIEMBRA dividido entre 150mm (es más desfavorable cuanto mayor de 1 sea este cociente, es más favorable cuanto menor de 1 sea el cociente)

### FRIJOL DE POSTRERA

- **Indicador de siembra efectiva del frijol (ISFPos):** Primer día desde EL INICIO DE LA POSTRERA en el que en el que llueve menos de 10mm en 3 días en que los 4 anteriores llueve más de 20mm y en los 10 posteriores llueve más de 20mm.
- **UPMin: Indicador “Umbral de precipitación mínima”.** El cultivo del frijol requiere un mínimo de precipitación acumulada durante todo el ciclo productivo para que sea viable, que se estima en 300 mm. Precipitación acumulada en los 100 días siguientes al inicio de la SIEMBRA dividido entre 300 mm Si el cociente es menor que 1 significa que en el periodo de desarrollo de la planta no ha llovido los 300 mm requeridos, lo significa que la planta carecerá de la humedad necesaria para desarrollarse adecuadamente.
- **UTMin: Indicador “Umbral de temperatura mínima”.** La planta de frijol es muy sensible a las bajas temperaturas, sobre todo si vienen acompañadas de humedad. Así, si la temperatura baja de los 21° unos 8 días seguidos, dependiendo del momento en el que suceda este evento, la semilla no germina, el cultivo no se desarrolla, se genera menor cantidad de flores, hay menor y peor formación y llenado de vainas por falta de fotoperiodo, aumenta el ataque de enfermedades y plagas, etc. En consecuencia, bajan los rendimientos. Máximo número de días consecutivos en

## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca

los que la temperatura mínima diaria es menor de 21°C en los 90 días siguientes al inicio de la SIEMBRA.

- **CCFP: Indicador “condiciones de cultivo frijol-postrera”.** Dirigido a analizar cuajado de grano por afectación de la floración (ligado a rendimiento) Índice de temporal. Máxima precipitación acumulada (mm) en 7 días consecutivos entre el día 30 y 45 del inicio de la SIEMBRA dividido entre 300 mm (es más desfavorable cuanto mayor de 1 sea este cociente -condiciones de temporal-, es más favorable cuanto menor de 1 sea el cociente).
- **CCPC: Indicadores “condiciones de cosecha y post-cosecha en postrera”.** Dirigido a analizar las pérdidas por exceso de humedad en cosecha y post-cosecha
  - CCPC1: Índice veranillo. Mínima precipitación acumulada (mm) en 12 días consecutivos entre el día 60 y 90 del inicio de la SIEMBRA dividido entre 2 mm (es más desfavorable cuanto mayor de 1 sea este cociente, es más favorable cuanto menor de 1 sea el cociente –condiciones de veranillo-).
  - CCPC2: Índice de temporal. Máxima precipitación acumulada en 7 días consecutivos entre los 60 y 90 días desde el inicio de la SIEMBRA dividido entre 300mm (es más desfavorable cuanto mayor de 1 sea este cociente -condiciones de temporal-, es más favorable cuanto menor de 1 sea el cociente)

### C. Indicadores específicos ajonjolí

- **CCA: Indicadores “condiciones de cultivo ajonjolí”.** Dirigido a analizar afectación en las siembras por exceso de precipitación y cuajado de grano por afectación de la floración (ligado a rendimiento)
  - CCA1: Índice de temporal siembra. Máxima precipitación acumulada en 7 días consecutivos en los primeros 25 días desde el inicio de la postrera dividido entre 300mm (es más desfavorable cuanto mayor de 1 sea este cociente -condiciones de temporal-, es más favorable cuanto menor de 1 sea el cociente).
  - CCA2: Índice de temporal floración. Máxima precipitación acumulada en 7 días consecutivos entre los días 45 y 60 desde el inicio de la postrera dividido entre 300mm (es más desfavorable cuanto mayor de 1 sea este cociente -condiciones de temporal-, es más favorable cuanto menor de 1 sea el cociente).
  - CCA3: Número de días en que la temperatura máxima en el periodo 30-45 días (primeros brotes florales) desde el inicio de la postrera supera los 38° (efecto bochorno).
- **CCPCA: Indicador “condiciones de cosecha y post-cosecha ajonjolí”.** Dirigido a analizar las pérdidas por exceso de humedad en cosecha y post-cosecha “parveado”. Índice de temporal. Máxima precipitación acumulada en 4 días consecutivos entre los 80 y 100 días desde el inicio de la postrera dividido entre 100mm (es más desfavorable cuanto mayor de 1 sea este cociente - condiciones de temporal-, es más favorable cuanto menor de 1 sea el cociente)

### D. Indicadores específicos sandía

- **CCS: Indicadores “condiciones de cultivo sandía”.** Dirigido a analizar el efecto en las siembras por exceso de precipitación, el cuajado de fruto por afectación de la floración (ligado a rendimiento) y la viabilidad de la siembra en humedales
  - CCS1: Siembra primera: Índice de temporal. Máxima precipitación acumulada en 7 días consecutivos en los primeros 45 días desde el inicio de la primera dividido entre 300mm
  - CCS2: Siembra postrera: Índice de temporal. Máxima precipitación acumulada en 7 días consecutivos en los primeros 45 días desde el inicio de la postrera dividido entre 300mm
  - CCS3: Siembra humedales<sup>15</sup>: Mínima precipitación acumulada (mm) en 8 días consecutivos entre el 10 de noviembre y el 10 de diciembre dividido entre 2 mm (es más desfavorable cuanto mayor de 1 sea este cociente, es más favorable cuanto menor de 1 sea el cociente –condiciones de veranillo para siembra en humedales-)
- **CCPS: Indicadores “condiciones de cosecha y post-cosecha sandía”.** Dirigido a analizar las pérdidas por exceso de lluvia en cosecha

## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca

- CCPS1: Índice de temporal. Máxima precipitación acumulada (mm) en 7 días consecutivos ente los 60 y 90 días desde el inicio de la primera dividido entre 300 mm (es más desfavorable cuanto mayor de 1 sea este cociente, es más favorable cuanto menor de 1 sea el cociente)
- CCPS2: Índice de temporal. Máxima precipitación acumulada (mm) en 7 días consecutivos ente los 60 y 90 días desde el inicio de la postrera dividido entre 300 mm (es más desfavorable cuanto mayor de 1 sea este cociente, es más favorable cuanto menor de 1 sea el cociente)

### E. Indicadores específicos musáceas

- **CCM: Indicador “condiciones de cultivo musáceas”.** Dirigido a analizar afectación en las siembras por exceso de precipitación, a identificar pre-maduración del fruto por lluvias prematuras (ligado a rendimiento) e incidencia de sequía en la canícula
  - CCM1Nic: Máxima precipitación acumulada (mm) en más de 4 días consecutivos en los primeros veinte días del inicio del invierno dividido entre 100mm (es más desfavorable cuanto mayor de 1 sea este cociente, es más favorable cuanto menor de 1 sea el cociente)
  - CCM1Hon: Máxima precipitación acumulada (mm) en 10 días consecutivos en los primeros veinte días del inicio del invierno dividido entre 300mm (es más desfavorable cuanto mayor de 1 sea este cociente, es más favorable cuanto menor de 1 sea el cociente)
  - CCM2: Máxima precipitación acumulada (mm) en mas de 4 días consecutivos entre el 1 y 30 de abril dividido entre 50mm (es más desfavorable cuanto mayor de 1 sea este cociente –mayor caída de fruto-, es más favorable cuanto menor de 1 sea el cociente)
  - CCM2Hon: Máxima precipitación acumulada (mm) en 10 días consecutivos entre el 1 y 30 de mayo dividido entre 50mm (es más desfavorable cuanto mayor de 1 sea este cociente –mayor caída de fruto-, es más favorable cuanto menor de 1 sea el cociente)
  - CCM3: Sequía en canícula (musáceas): Numero de días en el periodo 40-80 días desde el inicio del invierno en los que la precipitación acumulada en ese día y los once anteriores es inferior a 2 mm. (5 días para adelante en suelos arenosos 12 días en suelos francos aluviales húmedos que permiten resistir)

### YUCA

**TEY: Indicador “Temporal y Encharcamiento” de Yuca:** Máxima precipitación acumulada (mm) en 10 días consecutivos entre los 45 y 90 días días del inicio del invierno dividido entre 300mm (es más desfavorable cuanto mayor de 1 sea este cociente, es más favorable cuanto menor de 1 sea el cociente)

### F. Indicadores específicos ganadería bovina

**CPGB Indicador “Condiciones Productivas” de Ganadería Bovina.** Dirigido a analizar estrés calórico y por lluvias que afectará al rendimiento

- **CPGB1:** Número de días en los meses de marzo y abril en los que se registra una T<sup>a</sup> mayor o igual a los 38°C
- **CPGB2:** Numero de grados-días acumulados diariamente en los que se supera los 38°C entre los meses de marzo y abril
- **CPGB3:** Índice de temporal pasto y estrés en animal. Máxima precipitación acumulada (mm) en 7 días consecutivos entre los meses de septiembre y octubre dividido entre 250 mm (es más desfavorable cuanto mayor de 1 sea este cociente, es más favorable cuanto menor de 1 sea el cociente)

### G. Indicadores específicos pesca

## Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca

- **ADP: Indicador “afectación al desove” (Pesca):** Dirigido a analizar los factores que afectan las etapas larvales y juveniles de las principales especies de pesca (principalmente larva y post-larva de camarón blanco, crustáceos, moluscos y peces de escama). Índice de temporal. Máxima precipitación acumulada (mm) en 4 días consecutivos en el periodo del 15 DE AGOSTO al 31 de octubre (2,5 meses) dividido entre 300 mm (es más desfavorable cuanto mayor de 1 sea este cociente, es más favorable cuanto menor de 1 sea el cociente)
- **CP: Indicador “condiciones de pesca”:** Dirigido a analizar los factores que afectan a condiciones de pesca, tanto para los pescadores como para la accesibilidad a los bancos de peces.
  - CP1: Frecuencia de golpes de calor: Número de días en que las temperaturas máximas superan los 38 °C
  - CP2: Amplitud de golpes de calor: Número de episodios en los que se dan más de 5 días consecutivos en los que las temperaturas se incrementan más de 3°C con relación a la media histórica

### Indicadores específicos camaronicultura

**CCC: Indicador “Condiciones de cultivo de camarón”:** Dirigido a identificar mayor frecuencia de pérdidas de producción ocasionadas por desborde o derrumbe de estanques, enfermedades o mala calidad del producto cosechado.

- CCC1Nic: Derrumbe de estanques en Nicaragua: Máxima precipitación acumulada (mm) en 8 días consecutivos en el mes de octubre dividido entre 200 mm.
- CCCHon: Desborde estanques en Honduras. Máxima precipitación acumulada (mm) en 5 días consecutivos en el mes de octubre dividido entre 250 mm.
- CCC2a: Mancha blanca en camarón: Número de rachas de 6 (o más de 5) días consecutivos en los que la temperatura mínima es menor o igual a 25°C
- CCC2b: Mancha blanca en camarón: Máximo número de días consecutivos en los que la temperatura mínima es menor o igual a 25°C.
- CCC3a: Bajo Crecimiento en camarón: Número de rachas de 6 (o más de 5) días consecutivos en los que la temperatura máxima es mayor o igual a 33°C entre los meses de Noviembre y Abril
- CCC3b: Bajo Crecimiento en camarón: Máximo número de días consecutivos en los que la temperatura máxima es mayor o igual de 33°C entre los meses de Noviembre y Abril
- CCC4a: NHP (Hepatopancreatitis Necrotizante) en camarón<sup>16</sup>: Número de rachas de 6 (o más de 5) días consecutivos en los que no hay precipitación y la temperatura media es mayor de 30°C entre los meses de Enero y Abril.
- CCC4b: NHP (hepatopancreatitis necrotizante) en camarón: Máximo número de días consecutivos en los que no hay precipitación y la temperatura media es mayor de 30°C entre los meses de Enero y Abril.
- CCh1: Camarón Choclo: Número de rachas de 7 días de lluvia (consecutivos) en los que la precipitación acumulada es mayor a los 100mm previos a rachas de 5 días consecutivos con precipitación acumulada inferior a los 10mm
- CCh2: Máxima precipitación acumulada en 7 días consecutivos previos a 3 días con precipitación acumulada inferior a 10mm en los meses de septiembre y octubre dividido entre 100mm



**Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el  
Golfo de Fonseca**

**ANEXO II - ESTACIONES SELECCIONADAS PARA EL ANÁLISIS DE CADA UNO DE LOS MEDIOS DE  
VIDA**